

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Механіко-машинобудівний інститут

Кафедра конструювання машин

До захисту допущено:

В.о.завідувача кафедри

_____ Олександр
ОХРІМЕНКО

« ____ » _____ 20 __ р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньо-професійною програмою «Інструментальні системи та
технології формоутворення деталей»**

спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

на тему: «Інструмент для оброблення алюмінієвих сот»

Виконав (-ла):

студент (-ка) IV курсу, групи МІ-61-1

Ширшов Олександр Романович _____

Керівник:

доцент, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

Глоба Олександр Васильович _____

Рецензент:

доцент, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

Глоба Олександр Васильович _____

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент (-ка) _____

Київ – 2020 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Механіко-машинобудівний інститут

Кафедра конструювання машин

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 133 «Галузеве машинобудування»

Освітньо-професійна програма «Інструментальні системи та технології формоутворення деталей»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о.завідувача кафедри

_____ Олександр ОХРИМЕНКО

«___» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Ширшову Олександрову Романовичу

1. Тема проекту «Інструмент для оброблення алюмінієвих сот», керівник проекту Глоба Олександр Васильович, доц., к. т. н., старш. наук. співр., затверджені наказом по університету від «___» _____ 20__ р. № _____
2. Термін подання студентом проекту _____
3. Вихідні дані до проекту: алюмінієві соти, фрезерний верстат
4. Зміст пояснювальної записки: аналіз елементів сандвіч панелей, аналіз конструкції інструменту для оброблення композитних матеріалів, розробка інструменту для оброблення алюмінієвих сот, технологія виготовлення та визначення установчих параметрів інструменту, пристрій для заточування дискового елемента інструменту, розрахунок режимів різання інструменту

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо)

Порівняльний лист, збірне креслення інструменту для оброблення алюмінієвих сот, креслення дискового елемента інструменту, креслення стружколаму інструмента, креслення державки інструмента, ескіз операції плоского шліфування, ескіз операції круглого шліфування, ескіз операції проягування, ескіз операції заточування, збірне креслення пристосування для заточування дискового елемента інструменту, операційна карта операції «плоскошліфувальна», операційна карта операції «круглошліфувальна», операційна карта операції «протягувальна», операційна карта операції «заточувальна»

6. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Аналіз елементів сандвіч панелей	18.03.2020	
2	Аналіз конструкції інструменту для оброблення композитних матеріалів	11.04.2020	
3	Розробка інструменту для оброблення алюмінієвих сот	25.04.2020	
4	Технологія виготовлення та визначення установчих параметрів інструменту	16.05.2020	
5	Пристосування для заточування дискового елемента інструменту	23.05.2020	
6	Розрахунок режимів різання інструменту	30.05.2020	

Студент

Ширшов Олександр

Керівник

Глоба Олександр

**Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Інструмент для оброблення алюмінієвих сот»**

Київ – 2020 року

АНОТАЦІЯ

Об'єктом дослідження дипломного проекту є інструмент для оброблення алюмінієвих сот, що призначений для зрізання сотових заповнювачів та надання їм необхідної форми. Спроектowana конструкція інструменту має забезпечувати високоякісне оброблення алюмінієвих сотових поверхонь. Були розроблені технологічний процес на виготовлення дискового елемента різального інструменту та виконані необхідні розрахунки для створення збірної інструменту. До складу дипломного проекту входять аналіз інструментів для оброблення композитних матеріалів, що мають подібну конструкцію до розроблюваного, розробка конструкції та технології виготовлення дискового елемента збірної інструменту для оброблення алюмінієвих сот, конструювання технологічного пристосування для заточування дискового елемента та створення керуючої програми для виготовлення державки інструменту.

Ключові слова – дисковий елемент, алюмінієві соти, оброблення сотових поверхонь, сотовий заповнювач.

Мова – uk

Автор: ст. гр. МІ-61-1 Ширшов О.Р., під керівництвом к. т. н., старш. наук. співр. Глоба Олександр Васильович

ANOTATION

Object the research of the degree project is the tool for processing aluminum cells, which are intended for cutting of cellular fillers and giving of a necessary form to them. The designed design of the tool has to provide high-quality gratitude from aluminum cellular surfaces. Were developed technological process on production of a disk element of the cutting tool and necessary calculations for creation of the combined tool are executed. Are the analysis of tools for processing of composite materials which possess similar to developed by a design, development of a design and manufacturing techniques of a disk element of the combined tool for processing of the aluminum cells, designing of technological device for sharpening of a disk element and also creation of the operating program for production of a holder of the tool a part of the degree project.

Keywords - a disk element, aluminum cells, processing of cellular surfaces, cellular fille

Language – eng.

Author: st. gr. MI-61-1 Shyrshov O.R., under the guidance of an PhD in Technological Sciences, senior research associate Globa O.V

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1. АНАЛІЗ ЕЛЕМЕНТІВ СЕНДВІЧ ПАНЕЛЕЙ.....	11
1.1. Аналіз конструктивних складових сандвіч панелей.....	11
1.2. Методи виготовлення та оброблення сотових конструкцій.....	16
2. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ ОБРОБЛЕННЯ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	18
2.1. Аналіз конструктивних елементів інструменту.....	18
2.2. Обґрунтування вибору конструкції інструменту.....	26
3. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ ОБРОБЛЕННЯ АЛЮМІНІЄВИХ СОТ.....	28
3.1. Конструктивні параметри інструменту для оброблення алюмінієвих сот.....	28
3.2. Матеріал інструменту.....	29
3.3. Геометричні параметри дискового елемента та стружколаму.....	30
4. ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	36
4.1. Технічні умови на виготовлення дискового елемента та стружколаму...36	
4.2. Маршрутний технологічний процес на виготовлення корпусу дискового елемента.....	38
4.3. Розрахунок припусків на обробку.....	43
4.4. Розрахунок режимів різання.....	46
4.4.1. 040 Плоскошліфувальна операція.....	46
4.4.2. 050 Внутрішньо шліфувальна операція.....	49
4.4.3. 060 Операція протягування шпонкового пазу.....	51
4.4.4. 070 заточування.....	54
4.5. Норми часу.....	56
4.5.1. Норми часу для плоскошліфувальної операції.....	56
4.5.2. Норми часу для внутрішньо шліфувальної операції.....	57

4.5.3. Норми часу для круглошліфувальної операції.....	58
4.5.4. Норми часу для операції заточування.....	59
5. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	60
5.1. Пристосування для заточування різальної кромки.....	60
5.1.1. Опис пристосування.....	60
5.1.2. Розробка схеми базування.....	63
5.1.3. Визначення необхідного зусилля затиску.....	64
5.1.4. Визначення міцності болтового з'єднання.....	66
5.1.5. Моделювання кулачкового механізму.....	67
5.2. Керуюча програма.....	70
5.2.1. Написання керуючої програми для створення державки інструмента.....	70
6. РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ІНСТРУМЕНТУ.....	82
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	86
ДОДАТКИ.....	89

ВСТУП

Необхідність в точності обробки деталей з сотовою структурою постійно зростає. Це стосується не тільки літакобудівної та космічної галузі, але й автомобіле- та кораблебудування.

На сьогодні застосовують чисельні металічні та неметалічні композитні матеріали в комбінації з різноманітними покриттями, смолами, клеями та заливками.

Широкого застосування серед них знайшли сандвіч панелі. Головною структурною складовою є сотовий наповнювач. В свою чергу він може бути виготовляється з різних матеріалів в тому числі й з алюмінію

Механічна обробка таких матеріалів, з яких виготовляють високоточні деталі складної форми, уявляю собою складний процес.

Зважаючи на це був розроблений широкий спектр спеціального інструменту, який мав задовольняти високим вимогам до оброблення сотових матеріалів.

За мету цього дипломного проекту було покладено створення інструменту для оброблення алюмінієвих сотових конструкцій. В даній роботі буде розглянутий нестандартний підхід з точки зору принципу оброблення матеріалів методом фрезерування, так як сутність процесу різання буде відрізнятися від традиційного.

Головною ціллю проекту є розробка інструменту, що забезпечив би кращі характеристичні показники поверхонь сотових панелей після обробки, ніж ту, яку отримують традиційними методами фрезерування.

Враховуючи достатньо широкий спектр матеріалів, що застосовуються для виготовлення сандвіч-панелей, було прийняте рішення провести дослідження для сотових конструкцій безпосередньо з алюмінієвих сплавів.

В ході виконання дипломного проекту будуть вирішені наступні задачі:

1. Аналіз конструктивних складових сандвіч панелей

2. Розробка конструкції інструменту для оброблення композитних матеріалів
3. Розробка технологічного процесу виготовлення інструменту
4. Конструювання пристосування для заточування дискового елемента різального інструменту для оброблення алюмінієвих сот

1 АНАЛІЗ ЕЛЕМЕНТІВ СЕНДВІЧ ПАНЕЛЕЙ

Будь яка сандвіч-панель складається з трьох основних складових: двох листів, серцевини та склеюваних елементів. Серцевина як правило представляє собою сотову конструкцію низької щільності. Попри це вона є найважливішою частиною сандвіч-панелі. Головним її завданням є забезпечення міцності та жорсткості.

Серцевина володіє високою стійкістю до зсувних навантажень та навантажень на стискання. За рахунок невисокої щільності матеріалу вона значною мірою зменшує вагу всієї конструкції.

Як правило сотова серцевина складається з шестикутних комірок, повністю ідентичних одна одній. Дана структура серцевини виготовляється з анізотропного матеріалу, що розташовується в середині сандвіч-панелі. За допомогою цього забезпечується максимально раціональне співвідношення маси до міцності.

Традиційні методи виготовлення сотових конструкцій включають в себе процеси гофрування та розширення, а також поєднання розширення з зануренням в фенолову смолу.

Широкого застосування сандвіч-панелі набули в першу чергу в аерокосмічній та комерційній промисловості. Сьогодні такий матеріал використовують в галузях авіа- та суднобудування та будівельній галузі. Були здійснені спроби застосування таких конструкцій в автомобілебудуванні, проте широкого вжитку це поки що не набуло.

1.1 Аналіз конструктивних складових сендвіч панелей

Сотові структури є одним з видів продукції, що використовують непросочені та просочені зв'язкою крафт-папери, різноманітні алюмінієві слави, арамідні папери, склопластики на основі різноманітних видів тканин та зв'язок. В меншій кількості для даних цілей використовують титанові та сталеві листи. Види коміркових структур на основі адгезійно з'єднаних полос тонкого матеріалу вказані на рис. 1.1.

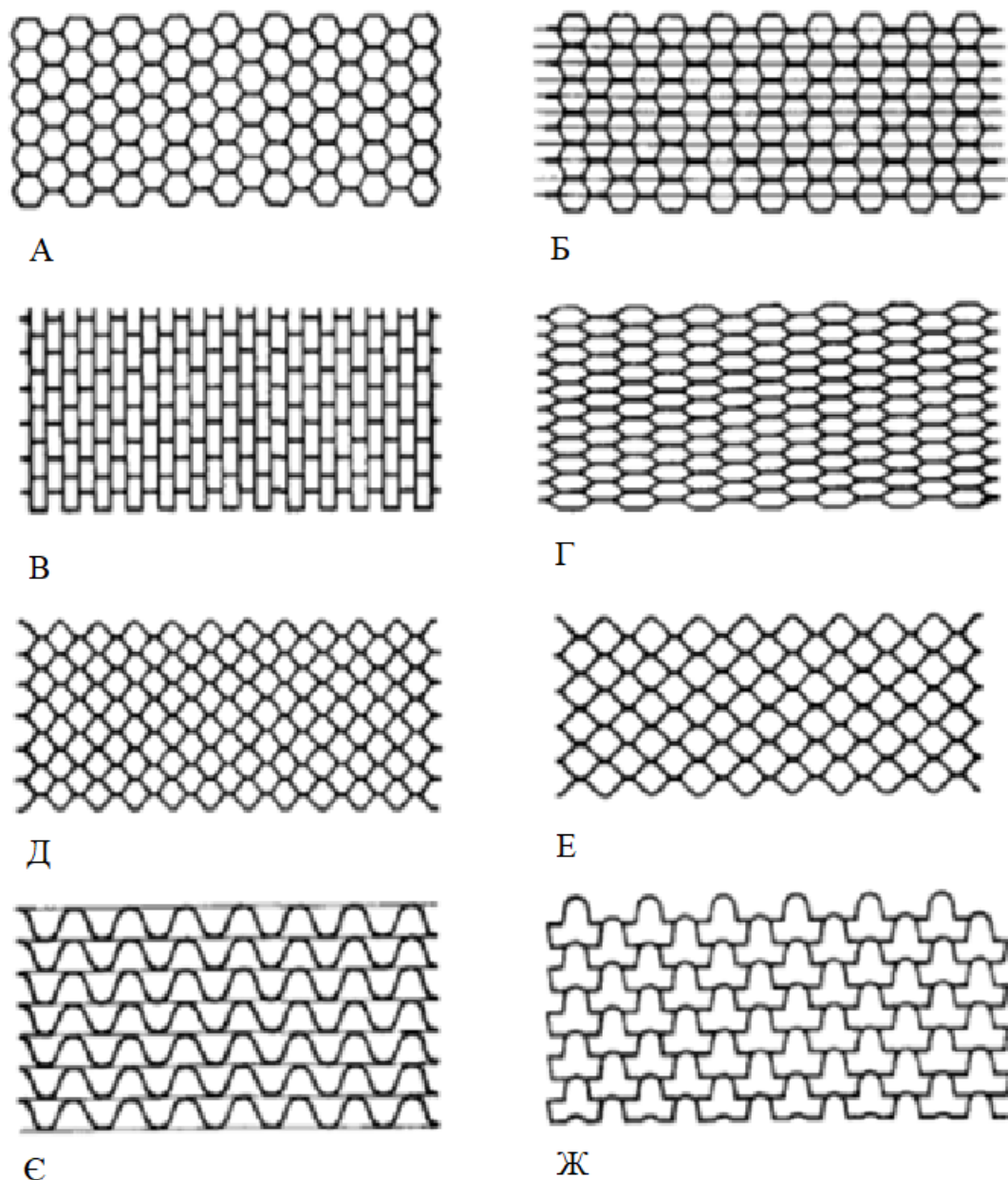


Рис. 1.1 – Види коміркових структур на основі адгезійно з'єднаних полос тонкого матеріалу

На рис. 1.2 показана залежність границі міцності при здавлюванні $\sigma_{сж}$ (а) та межі міцності при зсуві $\tau_{сд}$ (б) в напрямку L від щільності сотового заповнювача ρ . Як вказано на рисунку, всі механічні властивості зростають з ростом щільності. $\tau_{сж}$

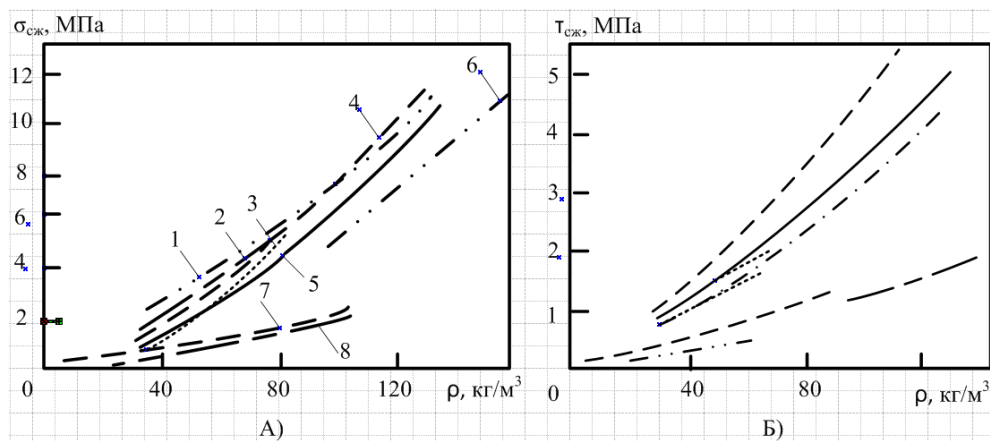


Рис. 1.2 – Залежність границі міцності при здавлюванні $\sigma_{сж}$ (а) та межі міцності при зсуві $\tau_{сд}$ (б) в напрямку L від щільності сотового заповнювача ρ .

Всі сотові структури є анізотропними, а їх властивості у вибраному напрямку мають відповідати прикладеним зусиллям. На рис. 1.3 вказані типові розбіжності в характеристиках міцності при зсуві по напрямках L та W. Для більшості сотових структур спостерігаються дуже малі втрати співвідношення міцності до маси при формуванні або затвердінні матеріалу. Володіння такими властивостями є явною перевагою при виготовленні методом затвердіння структур великих товщин. ρ , кг/м³

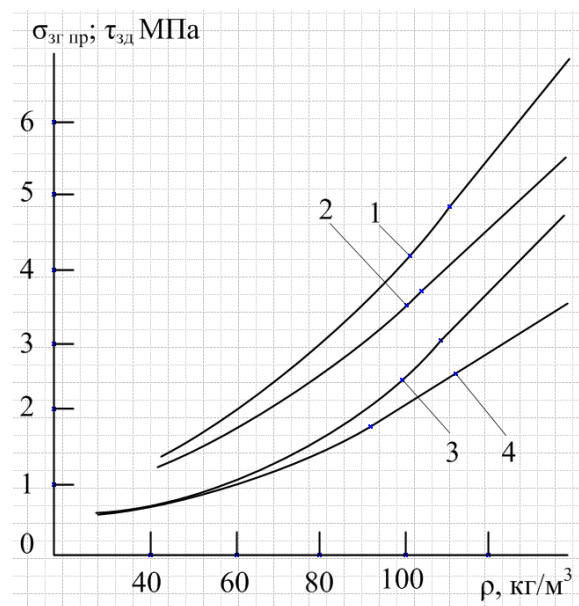


Рисунок 1.3 – Залежність меж міцності при поздовжньому згині $\sigma_{и.пр.}$ та зсуву $\tau_{сд}$ від щільності сотового заповнювача ρ .

Форма комірки може мати різноманітну конфігурацію в залежності від виробників даних заповнюючих компонентів. Для деяких матеріалів, наприклад алюмінію, форма може бути змінена при обробці.

Необхідно зауважити, що неповний або надмірний розтяг сотового наповнювача змінює не тільки форму комірки, але й її щільність. У випадку надмірного розтягу, як вказано на рис. 1.1, S_z зміна властивостей в одному напрямку (L) ослаблює заповнювач і по двом іншим осям. Зміна межі міцності в напрямку L на 30% змінює всі інші параметри за рахунок деформації форми комірки на таку ж величину в межах помилки вимірювання.

Розмір комірки є так званим вторинним фактором, визначаючим більшість механічних властивостей матеріалів заповнювача. Первинним являється рівень міцності з'єднання заповнювача з несучими пластинами. Розмір комірки визначає і рівень напружень, виникаючих в адгезійному шарі між торцями комірок та несучими пластинами.

Зсувні характеристики та властивості заповнювача при стисканні можуть бути коректно оцінені тільки з урахуванням товщини сотових заповнень. Параметр ефективності товщини (рис. 1.4) дозволяє прогнозувати поведінку сандвічевого матеріалу. Необхідно зауважити, що коректно можна визначити фактор товщини тільки з урахуванням властивостей матеріалу несучої пластини.

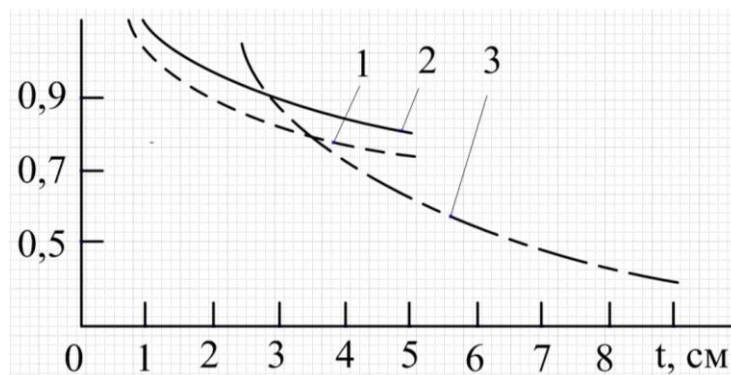


Рис. 1.4 – Залежність поправочного коефіцієнту K від товщини заповнювача t :
1 – неметалева структура; 2 – алюміній; 3 – папір

Для проведення порівняльних випробувань має бути надійно виміряна товщина матеріалу. Межа міцності на зсув методом, зазвичай складає 25% межі міцності про згинанні за методом “короткої балки”. Можна використовувати обидва методи.

Сотові заповнювачі на основі паперів

Паперові сотові структури – це, напевно, найдавніший вид сотових заповнювачів. Ранні форми таких структур не призначалися для заповнення сандвічевих конструкцій: вони служили тільки як прикраса в елементах інтер'єру.

Сотові структури з цих матеріалів, що використовуються сьогодні для заповнення сандвічевих конструкцій, складаються з міцного крафт-паперу та 11..35% фенольної смоли для підвищення механічних властивостей, зменшення вологопоглинання і захисту від гниття (грибків).

Існує широкий спектр структур з розмірами комірок 10, 13 і 19 мм і більше розмірами. Найвища міцність досягається серед сандвічевих композитів в стандарті MIL-N-2104Q. Найбільшого застосування ці матеріали знайшли не в літакобудуванні, а там, де зменшення вартості матеріалів має велике значення. Такі композити знаходять все більшого застосування в обладнанні для індустрії відпочинку, для дверей, стін та перемичок, для кухонних шаф, для будівництва веранд, для панелей зсувних стін і для перемичок, що відкочуються в комерційних будівлях.

Сотові наповнювачі на основі алюмінію

Це сімейство матеріалів почало широко поширюватися в 50-х роках. Алюмінієві сотові структури включають сьогодні чотири види сплавів. п'ять видів комірок і велику кількість товщини (калібрів) фольги. Для виробництва сотових конструкцій застосовують наступні види алюмінієвих сплавів:

3003-H19 – має найнижчу міцність серед усіх інших; в літакобудуванні зазвичай не застосовується;

5052-НЗ9 – найбільш широко використовуваний в літакобудуванні сплав з корозійностійкою поверхневою обробкою;

5056-НЗ9 - найміцніший сплав з серійно застосовуваних в літакобудуванні, має поверхневу корозійностійку обробку;

2024-ТЗ – найбільш термостійкий сплав, міцніший ніж 5056-НЗ9: можливе використання антикорозійних поверхневих обробок

1.2 Методи виготовлення та оброблення сотових конструкцій

Існує два основних процеси виробництва сотових структур:

1) процес розтягування: попередньо з'єднаний по вихідним лініям пакет розтягується, одночасно утворюючи коміркову структуру; переваги процесу – одностадійність операції;

2) процес рифлення: листи вихідного матеріалу попередньо піддаються рифленню; це можуть бути листові метали, пластики, папір, армовані пластики і т. д., причому деякі матеріали термічно фіксуються, а потім склеюються або з'єднуються іншим способом.

Використовуючи сотову структуру на основі арамідного паперу, можна отримати матеріал заповнювача з високою міцністю, зі щільністю 16..48 кг/м³. Він використовується для облицювання внутрішніх стін і стелі. Несучі панелі – скло-текстоліт товщиною менше 0,25 мм.

Фізичні та механічні властивості сотових структур для заповнювача сандвічевих конструкцій залежать в основному від властивостей матеріалів, з

яких ці конструкції виготовляються. На рис. 1.5 наведені основні процеси виготовлення сотових структур.

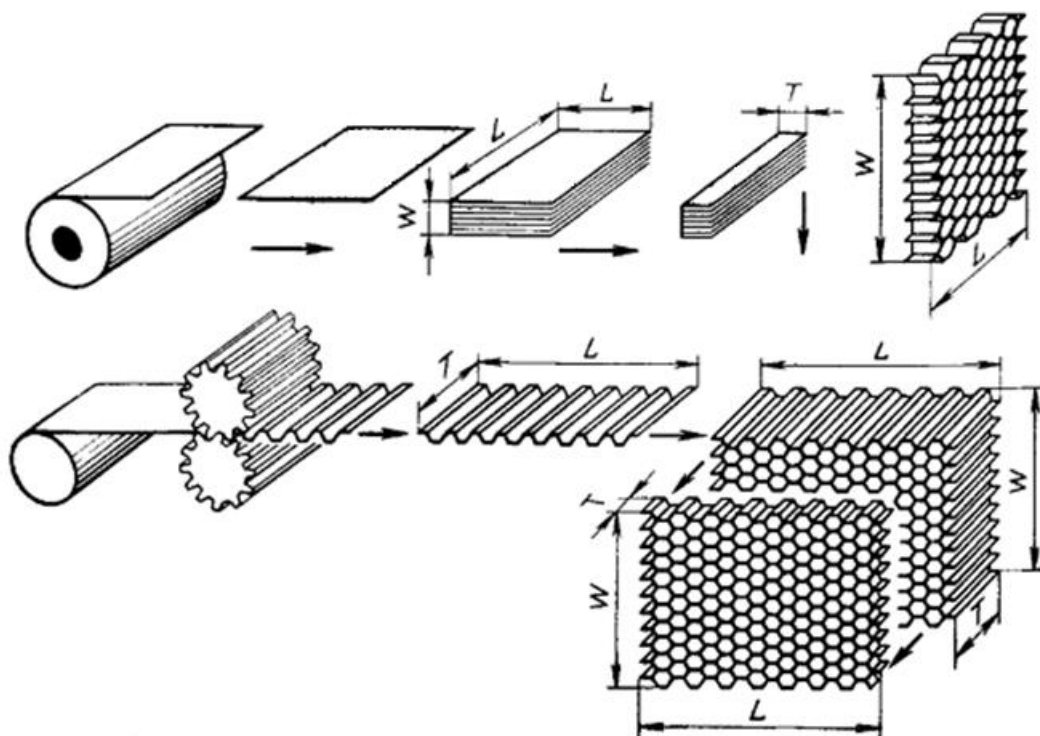


Рисунок 1.5 – Схема виготовлення сотового заповнювача

2 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ ОБРОБЛЕННЯ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ

2.1 Аналіз конструктивних елементів інструменту

Інструмент для оброблення композитних матеріалів представляє собою збірку конструкцію, яка складається з державки та двох різальних елементів – дискової фрези та стружколаму.

Дисковий елемент має форму диску з посадковим отвором на периферійній частині якого, розташовані зуби.

Стружколам має форму циліндра, як і в попередньому випадку з посадковим отвором та зубами на периферії, проте форма зубів та їх розташування значною мірою відрізняються від дискового елемента. Окрім того стружкові канавки стружколаму мають спіральну форму.

До основних параметрів конструкцій дискових фрез відносяться:

- Профіль різальної кромки зуба
- Форма різальної кромки
- Крок різальних зубів та їх напрямки
- Тип посадкового отвору

Окрім вказаних параметрів, для стружкоколів важливими є параметри пов'язані з гвинтовими канавками.

Так як основну різальну дію виконує саме дисковий елемент, розглянемо типові профілі її різальних кромки.

Найбільшого поширення здобули фрези з гостро заточеними зубами. Такі фрези працюють з низькими подачами на зуб, за рахунок чого зношення здійснюється по задній поверхні. У випадку з застосуванням напаяних різальних пластинок, важливу роль відіграє гострота клину та його розташування відносно поверхні. Для забезпечення високої продуктивності при

обробленні необхідно враховувати об'єм та профіль стружкової канавки, аби забезпечити достатній відвід стружки та попередити її запресовування.

Головними критеріями при вигововленні дискового елементу є забезпечення достатньої міцності різальної частини та відсутності тріщин після термічної обробки.

Зсилаючись на ГОСТ 2679-93 розглянемо декілька профілів зубів, які часто використовуються на виробництвах де застосовують стандартний інструмент для оброблення композитних матеріалів. [2]

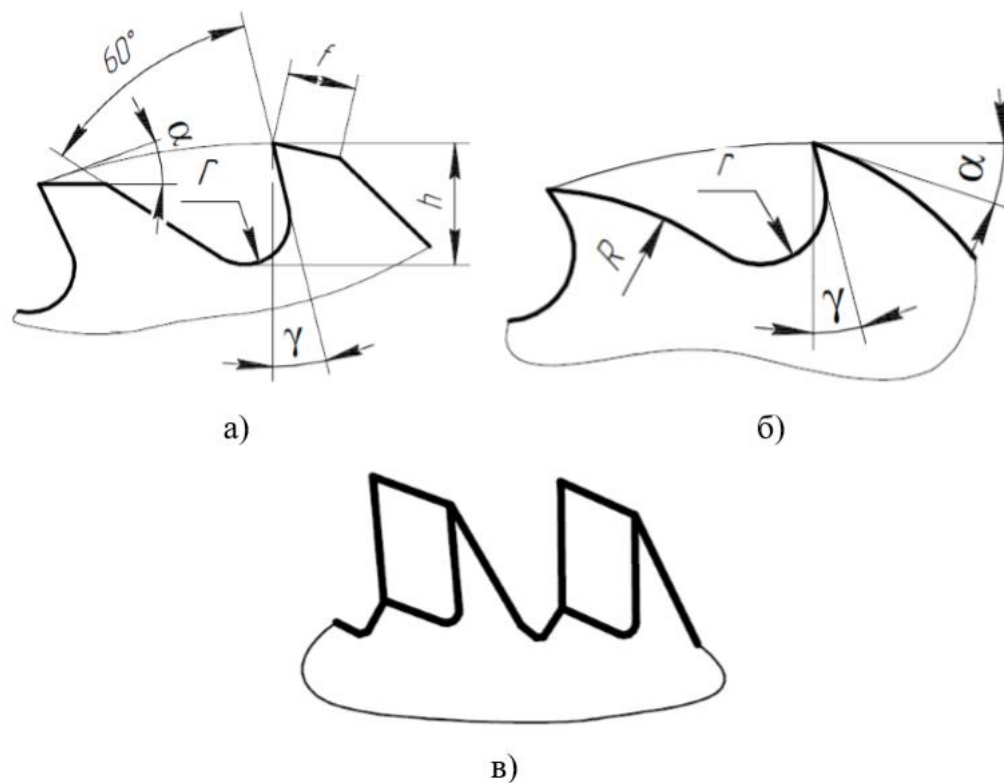


Рис. 2.1 – Форма профілю зуба

а – з середнім зубом у вигляді трапеції, б - з ламаною спинкою зуба,
в - з напаяними пластинами

Фрези з такими формами зуба виготовляють діаметрами 50-315 мм та товщинами 0,5-6 мм. Кількість досягає від 24 до 100.

Такі фрези виготовляють суцільними, що забезпечує їх простоту виготовлення. Проте така конструкція є застарілою та потребує багато інструментально матеріалу. На зміну суцільним застосовуються фрези з

напаяними пластинками, що значно здешевлює виробництво та раціоналізує використання інструментального матеріалу.

Такі фрези показують гарний результат при обробленні твердих суцільних матеріалів, проте коли мова заходить про оброблення сотових конструкцій, виникають труднощі, пов'язані з їх жорсткістю, які потребують додаткових пристосувань для здійснення якісної обробки. Головною причиною є наявність зубів фрези, які здійснюють різання по певній лінії контакту. Виходячи з цього необхідно розглянути найрозповсюдженіші форми різальних кромок.

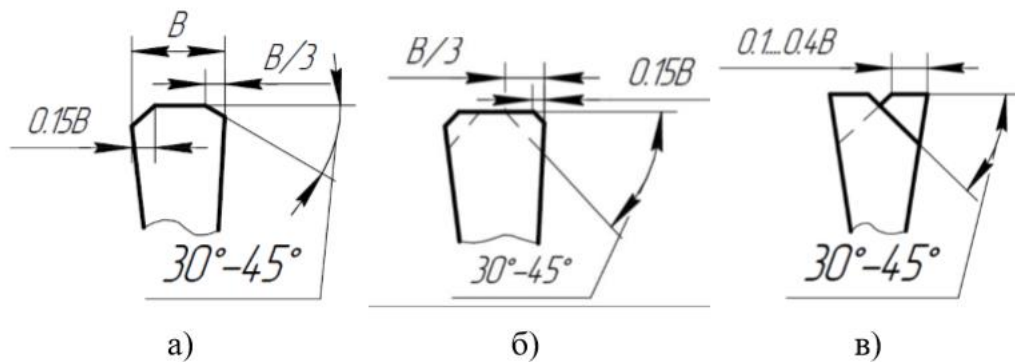


Рис. 2.2 – Форми різальних кромок

Такі різані кромки заточуються під кутом $30^\circ-45^\circ$, з шириною, що дорівнює третині ширини зуба. Різальна кромка (рис. 2.2 в) є найпрогресивнішою, так як зуби фрези розташовані в шаховому порядку, що зменшує навантаження та збільшую продуктивність.

В моїй роботі застосовується конструкція, яка не має виражених зубів, а різальна кромка розташована по всьому контуру так як розташована перпендикулярно осі фрези. Схожа форма різальних кромок представлена в каталозі компанії Neuhäuser „Werkzeuge zur Bearbeitung von Compositematerialien“[3].

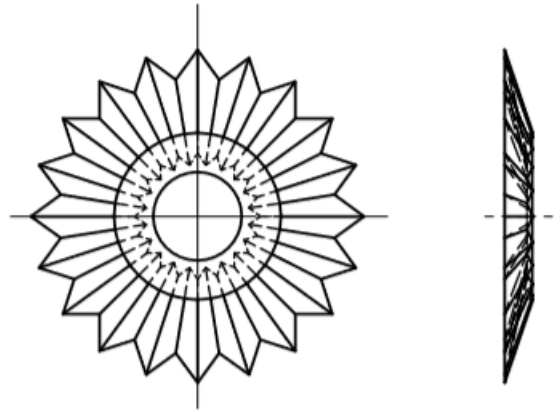
На рисунку 2.3 зображені виконання дискових пил, які застосовують для оброблення композитних матеріалів. Головною перевагою такого інструменту є горизонтально розташовані різальні кромки. Це дозволяє здійснювати процес

різання з меншими силами різання та температурами, що в свою чергу дозволяє виконувати обробку з вищою якістю.

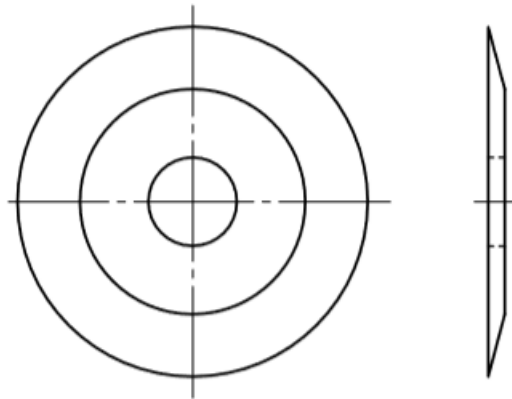
Головним недоліком такого інструменту є необхідність у додатковому стружколамі. Справа в тому, що в процесі оброблення відділений шар матеріалу не подрібнюється в стружку, що викликає труднощі в процесі різання.

Без використання стружколаму відділений шар матеріалу рухається до державки інструменту і призводить до удару та виводу з ладу інструмента.

Фреза з горизонтально розташованими "пірамідальними" зубами



Диск з постійною різальною кромкою



Дискова фреза з горизонтально розташованим зубом

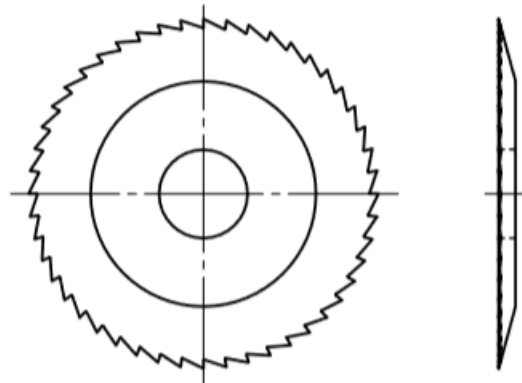


Рис. 2.3 – Виконання дискових пил для оброблення композитних матеріалів

Для уникнення таких наслідків використовують суцільні та збірні стружколами. На рисунку 2.4 зображені два варіанти виконання конструкції стружколаму.

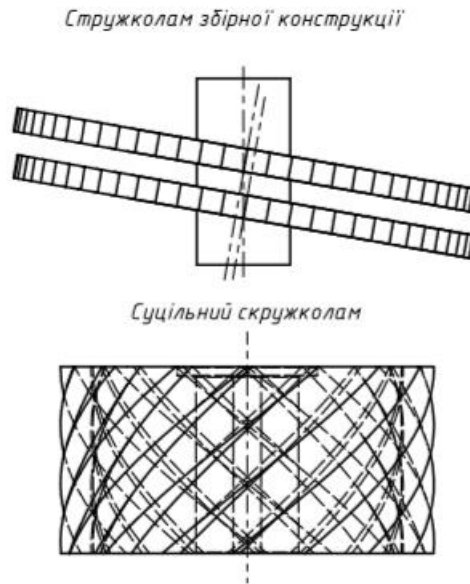


Рис. 2.4 – Конструкції стружколамів

Стружколами збірної конструкції використовують у випадку оброблення плоских поверхонь. Це супроводжується тим, що диски стружколаму розташовані під певним кутом, який в свою чергу залежить від глибини різання та кута сходу стружки. Зважаючи на це комбінувати такий різальний елемент можна лише з дисковими елементами одного розміру, що робить його малопрактичним.

Суцільні стружколами на відміну від збірних дозволяють використовувати дискові елементи різних діаметрів та кутів загострення.

За рахунок суцільності подрібнення стружки виконуватиметься в будь-якій точці по всій висоті різального елемента.

Приймаємо інструмент для оброблення алюмінієвих сот з конструкцією стружколаму зображеною на рисунку 2.5

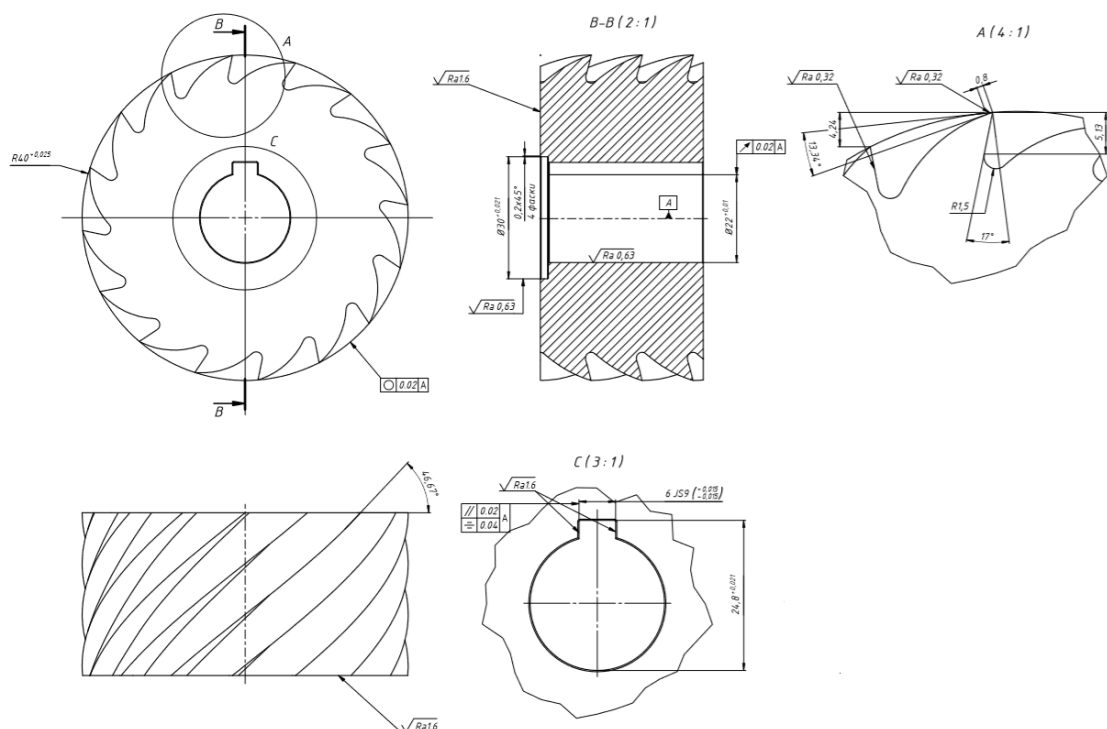
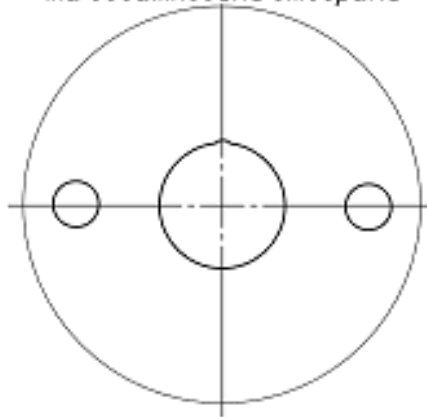


Рис 2.5 – Конструкція стружколаму інструменту для оброблення алюмінієвих сот

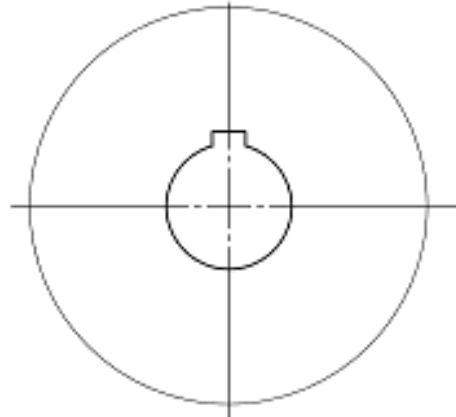
Типові посадкові отвори як для дискових елементів так і для стружколамів однаковими. Це дозволяє спростити конструкцію державки. Посадкові отвори обираються в залежності від навантаження на різальний інструмент, крутного моменту на його габаритних розмірів.

На рисунку 2.6 зображені посадкові отвори, які застосовують при виготовленні дискових відрізних фрез

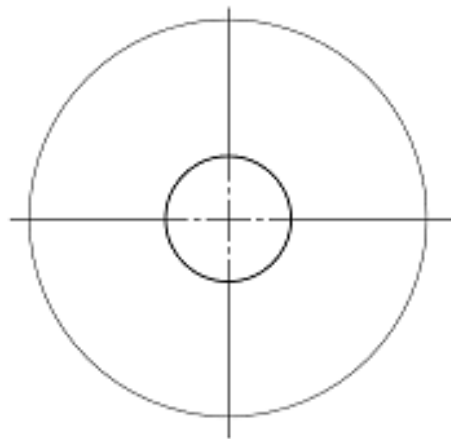
Центровий отвір з прямим пазом та додатковими отворами



Центровий отвір з шпонковим пазом



Гладкий центровий отвір



Центровий отвір з двома шпонковими пазами

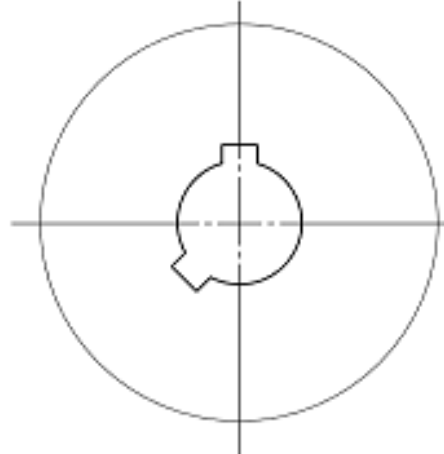


Рисунок 2.6 – Посадкові отвори.

Різальні інструменти з гладкими отворами прості у виготовленні та часто застосовуються. Їх використовують при малих навантаженнях та в малогабаритному інструменті.

Інструменти із посадковими отворами зі шпонковим пазом характеризуються своєю універсальністю, так як можуть працювати при різних навантаженнях та з різними крутними моментами.

Посадкові отвори з повідковими отворами застосовують на великогабаритних інструментах, які працюються з великими навантаженнями та потребують жорсткої фіксації на державці.

Розглянувши всі необхідні параметри елементів конструкції можна підібрати необхідну конструкцію інструменту в залежності від умов оброблення.

В ході розроблення різального інструменту для оброблення алюмінієвих сот була запропонована наступна конфігурація посадкового отвору:

Центровий отвір з шпонковим пазом

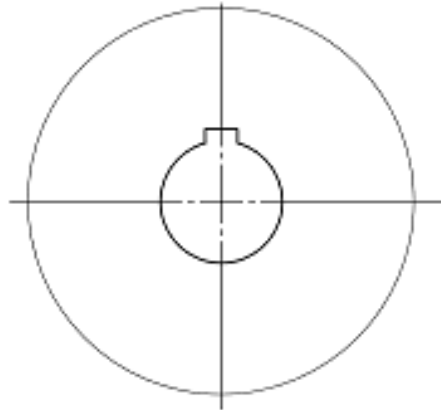


Рисунок 2.7 – Посадковий отвір з шпонковим пазом

2.2 Обґрунтування вибору конструкції інструменту

В ході підбору елементів конструкції інструменту для оброблення сотових конструкцій були виконанні наступні рішення. Для оброблення сотових конструкцій з крафт-паперів та алюмінієвих славів приймаємо стружколам із стандартного ряду від виробника Neuhäuser 7300-061-030-05-00. Дисковий елемент виконаємо з посадковим отвором та шпонковим пазом (рис. 2.8). Різальну кромку виконаємо за власними дослідженнями спираючись на

конструкцію наведену в каталозі Neuhäuser.

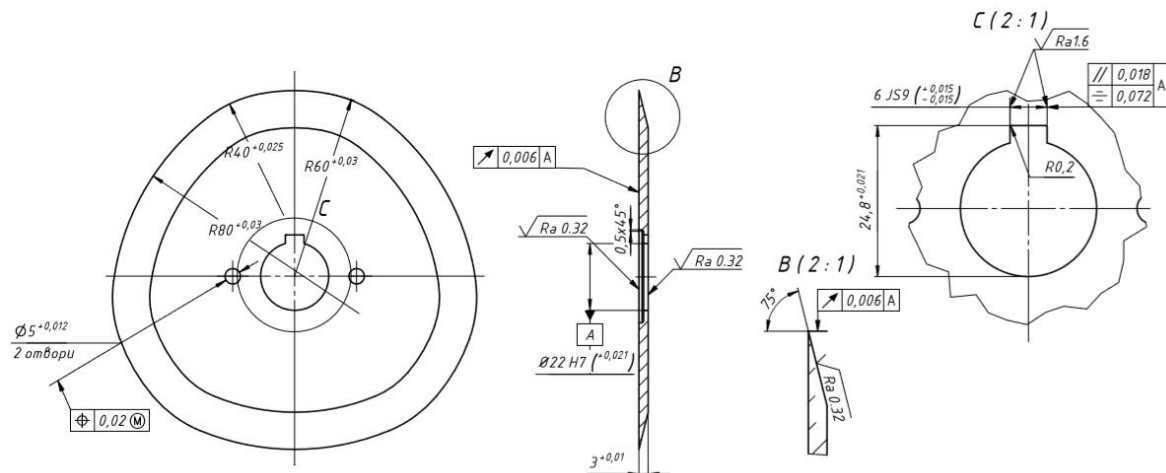


Рис. 2.8 – Ескіз дискового елемента

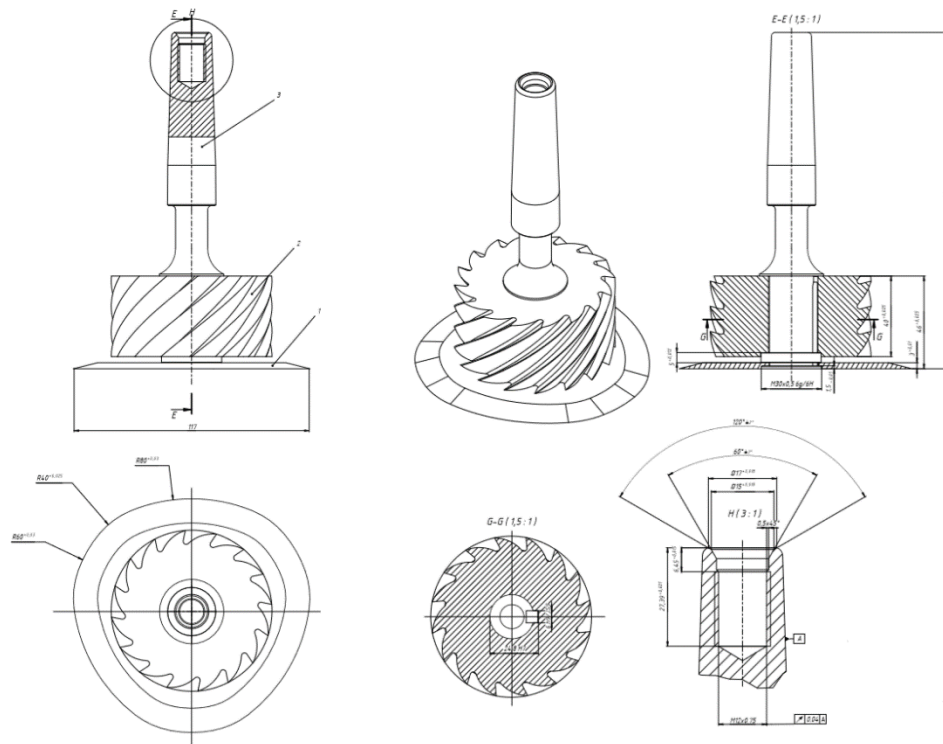


Рис 2.9 – Збірний інструмент для оброблення алюмінієвих сот

3 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ ОБРОБЛЕННЯ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ

Даний проект присвячується розробці збірного різального інструменту для оброблення алюмінієвих сотових конструкцій.

В попередньому розділі були визначені конструктивні елементи, які задовольняють умовам проекту.

3.1 Конструктивні параметри інструменту для оброблення композитних матеріалів

Уточнимо конструктивні елементи дискової відрізної фрези серед яких:

- Зовнішній діаметр інструменту
- Посадковий діаметр інструменту
- Матеріал різальної частини
- Геометрія різальної частини

За ГОСТ 2679-93 приймаємо зовнішній діаметр фрези $D=125$ мм. Для наведеного діаметру за ГОСТ 2679-93 діаметр посадкового отвору $d=22$ мм. Оскільки в даній фрезі відсутні традиційні зуби приймаємо закруглені вершини, які безпосередньо приймають участь в різанні за зуби. Таким чином кількість зубів $z=3$.

3.2 Матеріал інструменту

Для забезпечення достатньої міцності, яка необхідна для боротьби з ударними зусиллями, матеріалом різальної частини дискового елемента приймаємо інструментальну сталь Р6М5.

Різальну частину стружколама згідно з [3] виконана з твердого сплаву ВК8.

З урахуванням того, що технічні розрахунки поводитимуться для дискового елемента в таблиці 3.1 вказуємо фізичні властивості сталі Р6М5.

Таблиця 3.1 – Фізичні властивості сталі Р6М5

Модуль пружності	220 ГПа
Щільність	8300 кг/м ³
Твердість після відпалу	64(63) HRC
Коерцитивна сила	84,7 Е

Хімічний склад сталі Р6М5 зображено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Хімічний склад сталі Р6М5

Хімічний склад у % матеріалу										
W	V	Co	Si	Mo	Mn	Ni	P	Cr	S	Fe

8.50	2.30	до	до	до	до	до	до	3.80	до	80,5
-	-	0.5	0.5	1.0	0.50	0.40	0.03	-	0.03	
9.50	2.70							4.40		

Для державки застосовуємо матеріал сталь 40Х ГОСТ 4543-2006. Ця марка сталі, за рахунок високої концентрації хрому характеризується своїми високими антикорозійними властивостями, що дозволяє їй витримувати вплив вологи та деяких хімічних речовин.[4]

У таблиці 3.3 представлений хімічний склад сталі 40Х за [5].

Таблиця 3.3 – Хімічний склад сталі 40Х

Хімічний склад у % матеріалу								
C	P	S	Si	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni
0,36	0,035	0,035	0,17	0,8	0,3	97	0,5	0,3

До переваг цієї марки сталі можна віднести високу корозійну стійкість та міцність (до 217 МПа). Ще однією з переваг цього матеріалу є його щільність, яка становить 7820 кг/м³. [4]

Серед недоліків Сталі 40Х можна відмітити її вразливість до ударних навантажень після гартування. Хімічний склад металу погіршує його зварювальну здатність, що ускладнює виготовлення з нього виробів. Для полегшення процесу зварювання застосовують попереднє нагрівання деталі. Дана марка сталі має властивість в процесі термічної обробки виділяти велику кількість водню. Причиною є утворення внутрішніх тріщин в процесі лиття.

3.3 Геометричні параметри дискового елемента та стружколаму

Для традиційного різального інструменту важливу роль відіграє схід стружки. Саме він впливає на температуру в зоні різання, яка в свою чергу

впливає на якість обробленої поверхні деталі та на зношення самого інструменту. Для отримання задовільної якості виробів зазвичай процес різання здійснюється в змащувально-охолоджуючому технологічному середовищі. Це дає змогу зменшити силу тертя стружки з поверхнею інструменту, таким чином знижуючи температуру різання. [6]

В ході роботи інструментом для алюмінієвих сот процес оброблення нагадує косокутне різання.

Розглянемо особливості процесу косокутного різання на прикладі стругання широким різцем з кутом нахилу головної різальної кромки $\lambda = 0$ (рис. 6.1).

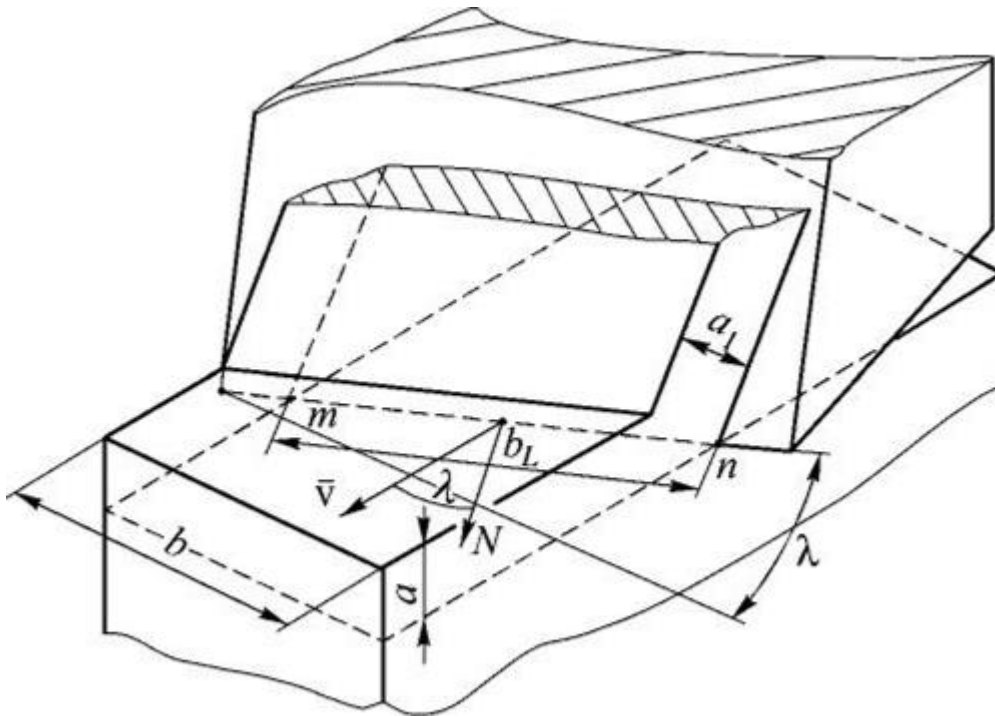


Рис. 3.1 Вільне косокутне різання

Зважаючи на те, що різання здійснюється з постійною шириною b , тоді довжина робочої частини різальної кромки b_L буде залежати від кута λ .

$$b_L = b / \cos \lambda \quad (6.15)$$

Процес перетворення зрізаного шару матеріалу в стружку в процесі вільного косокутного різання представлений на ідеалізованій схемі (рис. 3.2) [13].

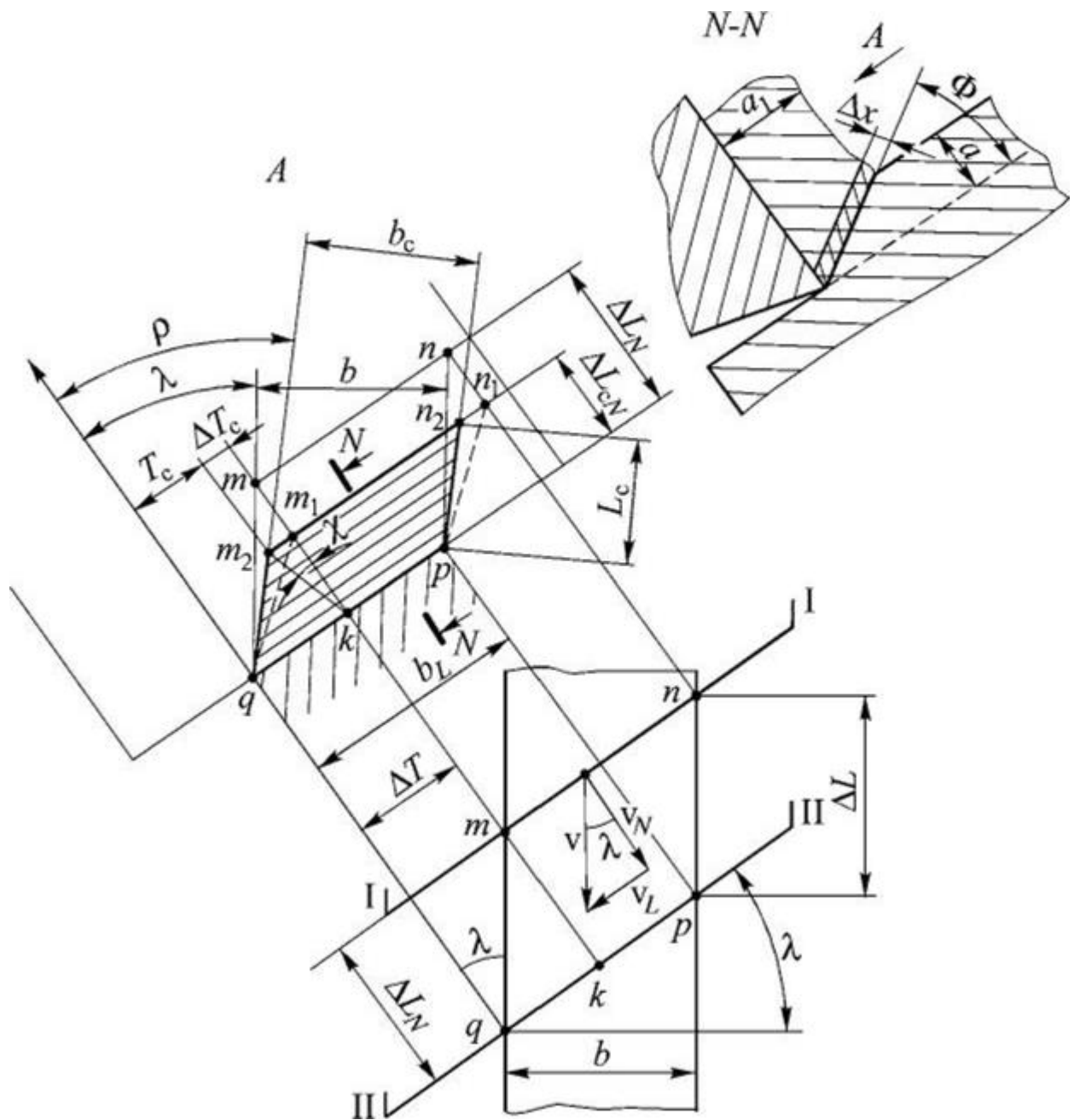


Рис. 3.2 Схема утворення стружки при вільному косокутному різанні

Під час зрізання реального матеріалу, в результаті деформацій зрізуваного шару, розгорнута на передній поверхні різця контактна поверхня зрізуваного шару уявляла б собою паралелограм m_2n_2pq з основою, рівною робочій довжині різальної кромки b_L та висотою $\Delta L_{cN} < \Delta L_N$. Сторони паралелограма утворюють з перпендикуляром до різальної кромки кут сходу стружки по передній поверхні $\rho \neq \lambda$.

При переміщенні інструмента вздовж ріжучої кромки на відстань ΔT шар металу товщиною Δx також зазнає деформації простого зсуву з величиною абсолютного зсуву ΔT_c .

Відносний зсув при переміщенні вздовж ріжучим кромки

$$\varepsilon_L = \frac{\Delta T_c}{\Delta x} = tg\chi \quad (6.21)$$

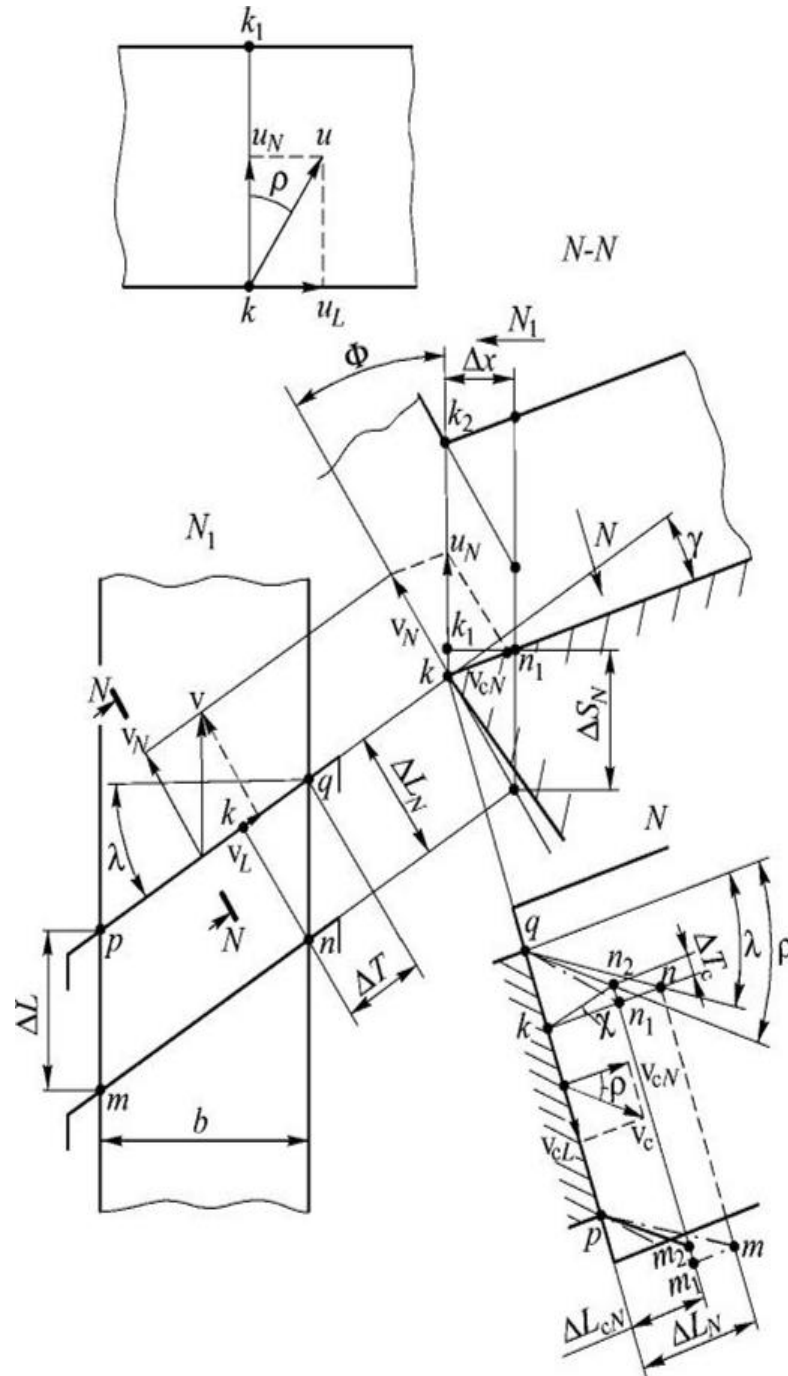


Рис. 3.3. Схема для розрахунку величини відносного зсуву при косокутному різанні

де χ - кут відхилення перпендикуляра $k_1 n_1$ до умовної площини зсуву від нормального положення внаслідок зсуву шару матеріалу на величину ΔT_c .

Зсуви відбуваються в площині kk_1 . Тому величину Δx у випадки переміщення різця вздовж ріжучої кромки визначається в перетині N – N, перпендикулярному до умовної площини зсуву (див. рис. 6.2):

Таким чином фігуруючу роль в процесі пізнання відіграють два кути:

- Передній кут γ
- Кут повороту різальної кромки λ

Передній кут γ - кут між передньою поверхнею інструменту і площиною, перпендикулярною до площини різання, проведеної через головну ріжучу кромку [7].

Передній кут γ зобразимо на Рисунок 3.4.

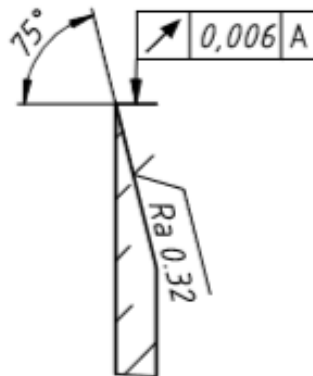


Рисунок 3.4 – Передній кути дискового елемента

Спираючись на каталог [3] приймаємо передній кут $\gamma = 15^\circ$

Так як ми говоримо про інструмент з закругленою різальною кромкою, то кут повороту різальної кромки λ дискового елемента буде кожного разу різним. Відрізання матеріалу в такий спосіб відбувається точково, що дозволяє досягнути високої якості обробленої поверхні

Дискового елемента представленого в дипломному проекті має трьохгранну конструкцію, тому можна стверджувати, що кут повороту різальної кромки буде повторюватися через певну відстань.

Відстань через яку відбуватиметься повторення однакових параметрів різання представимо як крок різальних кромок.

Для дискового елемента з зовнішнім діаметром 125 мм крок різальних кромок t дорівнює 101,5 мм.

4 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Технологічні умови на виготовлення дискового елемента та стружколаму

Спираючись на ГОСТ 2679-93 дисковий елемент, що проектується має відповідати наступним технологічним вимогам:

- Повинен виготовлятися з швидкорізальної сталі за ГОСТ 19265
- Твердість на торці на відстані не більше 5 мм від різальних кромки з швидкорізальної сталі має складати: до 1 мм – 61..65 HRC, понад 1 мм – 62..66 HRC.

Твердість робочої частини елемента із швидкорізальної сталі, що містить понад 3% ванадію та понад 5% кобальту має бути на 1-2 одиниці HRC вища.

- Параметри шорсткості поверхонь елемента за ГОСТ 2789 не повинні перевищувати, мкм:

Бічні торцеві поверхні.....	Ra 1,25
Поверхні посадкових отвору та задня поверхня зубів.....	Rz 6,3
Передня поверхня зубів.....	Rz 8,0

- На задній поверхні вздовж різальної кромки допускається стрічка шириною до 0,05
- Граничні відхилення ширини елемента мають бути як для фрез 1-го класу і відповідати, мм:

До 1 мм.....	+0,15
	+0,08
Понад 1 до 3 мм.....	+0,26
	+0,16
Понад 3 мм.....	+0,30
	+0,18

Допуск радіального биття різальної кромки відносно осі отвору та допуск торцевого биття довжини відповідають вказаним в таблиці 4.1

Таблиця 4.1 – Допуски радіального та торцевого биття

Діаметр фрези	Ширина фрези	Допуск радіального биття для класу			Допуск торцевого биття для класу	
		1		2	1	2
		Двох сумісних зубів	Двох протилежних зубів			
20-32	0,2-0,4 понад 0,4	0,05	0,08	0,10	0,05 0,04	0,10
40	0,2; 0,25; 0,3; 0,4; понад 0,4				0,06 0,05 0,04	
50	0,25; 0,3; 0,4; 0,5-0,8; понад 0,8	0,06	0,10		0,07 0,06 0,05 0,04	0,16
63	0,3; 0,4-0,5; 0,6-1,4; понад 1,4				0,07 0,06 0,05 0,04	
80	0,5-1,4; 1,6-3,5; понад 3,5				0,06 0,05 0,04	
100	0,5-1,6; понад 1,6				0,10 0,08	
125	0,8-1,6 понад 1,6			0,16	0,10 0,08	

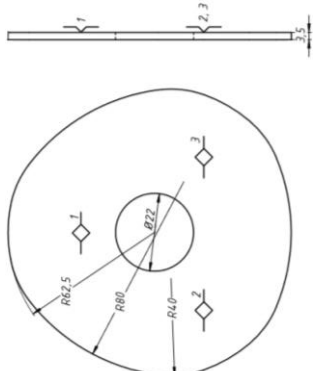
160;200	1,2-1,6 понад 1,6	0,08	0,12		0,10 0,08	0,40
250	2,0-3,5 понад 3,5				0,12 0,10	
315	2,5-3,5 понад 3,5	0,10	0,16		0,12 0,10	

Зважаючи на малу низку подібного інструменту приймаємо всі технологічні вимоги, які застосовуються виробником [3]. Таке рішення прийняте в зв'язку з відсутністю загальних стандартів для такого інструменту.


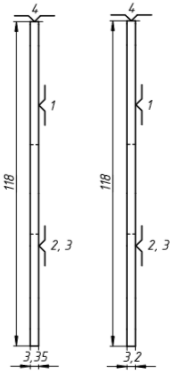
4.2 Маршрутний технологічний процес на виготовлення корпусу дискової фрези

Маршрутний технологічний процес представимо в таблиці 4.2.

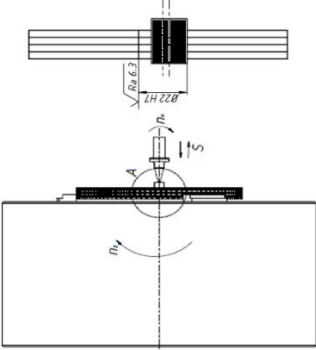
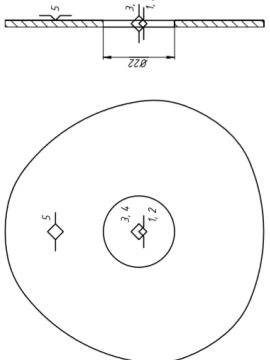
Таблиця 4.2 – маршрутний технологічний процес виготовлення корпусу
дискової фрези

№ операції та зміст	Різальний інструмент	Ескіз операції	Обладнання
<p>010 Заготівельна (Гідро-абразивна)</p> <p>Вирізати заготовку корпусу елементу – зовнішній контур та посадковий отвір</p>			<p>Верстат гідро- абразивної різки PTV Smart Jet II-S</p>

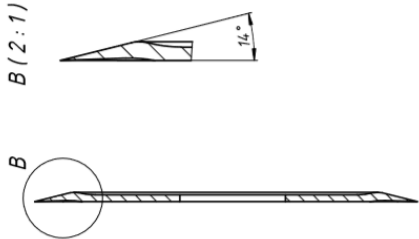
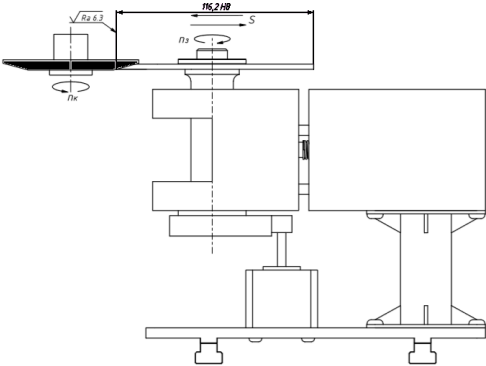
Продовження таблиці 4.2

№ операції та зміст	Різальний інструмент	Ескіз операції	Обладнання
020 Термічна Загартування та відпуск			Електрична піч для гартування
030 Рихтувальна Вирівнювання (рихтування) корпусу			Рихтувальний верстат
040 Плоскошліфувальна Шліфування торцевих поверхонь з обоз боків з переустановленням	Шліфувальний круг ПП 300x40x127 25A 40 СМ1 6 К 35 А 1		Плоскошліфувальний верстат Poleks YTU - 1000 S (400×1000)

Продовження таблиці 4.2

№ операції та зміст	Різальний інструмент	Ескіз операції	Обладнання
050 Протягувальна Протягування шпонкового пазу	Протяжка 2405-1051 ГОСТ 18217-90		горизонтально- протягувальний верстат 7A510
060 Внутрішньо- шліфувальна Шліфування посадкового отвору	Шліфувальний круг ПВ 16x20x6 25А 40 СМ1 6 К 35 А І		Внутрішньо- шліфувальний верстат ЗК228А

Продовження таблиці 4.2

№ операції та зміст	Різальний інструмент	Ескіз операції	Обладнання
070 Заточувальна Заточування передньої поверхні різальної частини			Плоскошліфувальний верстат Poleks YTU- 1000 S (400×1000)
080 Маркування Маркування інструменту			Лазерний напівавтомат

4.3 Розрахунок припусків на обробку

Розрахуємо припуски на обробку зовнішньої поверхні Ø125h8 та одного із торців.

Визначимо мінімальний припуск на попередню та остаточну обробку за формулою:

$$2Zi_{min} = 2((Rz + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (4.1)$$

Максимальний припуск визначимо з рівняння:

$$2Zi_{max} = 2Zi_{min} + Td_{i-1} + Td_i \quad (4.2)$$

де Td_{i-1} й Td_i — допуски розмірів відповідно на попередньому й на виконуваному переході;

Rz — висота мікронерівностей, які залишилися від попередньої операції, мкм;

h_{i-1} — глибина дефектного шару, який залишився від попередньої операції, мкм;

ε_i — похибка установки в пристрої по даній операції, мкм;

$\Delta_{\Sigma i-1}$ — підсумкове значення просторових відхилень, які залишилися від попередніх операцій, мкм.

Змінні Rz, h, ε, Td визначаються з таблиць [12]. Відхилення Δ_{Σ} визначається за формулою:

$$\Delta_{\Sigma} = l \cdot \frac{\Delta_k}{\Delta_k^2 + 0.25} \quad (4.3)$$

де Δ_k — відхилення осі деталі від прямолінійності (кривизна);

l — довжина заготовки.

Визначимо залишкові відхилення розташування заготовки після обробки

$$\Delta_{ост} = K_y \Delta_3 \quad (4.4)$$

де K_y — коефіцієнт уточнення (для чорнової операції $K_y=0,06$; для чистової $K_y=0,04$);

Δ_3 — кривизна заготовки.

Розрахуємо розмірів внутрішніх поверхонь:

$$\begin{aligned}Z_{max_{i-1}} &= Z_{max_i} - Z_{min_i} \\Z_{min_{i-1}} &= Z_{max_{i-1}} - T_{i-1} \\D_{min_{i-1}} &= D_{max_{i-1}} - T_{Di-1} \\D_{max_{i-1}} &= D_{max_i} - 2Z_{min_i}\end{aligned}\quad (4.5)$$

де Z_{min_i} - мінімальний (розрахунковий) припуск на сторону на виконуваний технологічний перехід;

$2Z_{min_i}$ - мінімальний (розрахунковий) припуск на обидві сторони, або по діаметру;

$Z_{min_{i-1}}, D_{min_{i-1}}, Z_{max_{i-1}}, D_{max_{i-1}}$ - відповідно найменші і найбільші граничні розміри, отримані на попередньому технологічному переході;

$Z_{min_i}, D_{min_i}, Z_{max_i}, D_{max_i}$ - відповідно найменші і найбільші граничні розміри, отримані на виконуваному переході.

Розміри елементарної поверхні визначаються в наступному порядку:

Найбільші граничні розміри визначаються збільшенням допуску до найменшого граничного розміру. Визначимо фактичні граничні значення припусків Z_{max} , як різницю найбільших граничних розмірів і Z_{min} , як різницю найменших граничних розмірів попереднього і виконуваного переходів. Правильність проведених розрахунків перевіряється рівнянням:

$$2Z_{max} - 2Z_{min} = T_{Di-1} - T_{Di} \quad (4.6)$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Розрахунок припусків

Операції	Елементи припуску, мм				Розрахунковий припуск $2Z_{min}$, мм	Розрахунковий мінімальний розмір, мм	Допуск T_D , мкм	Прийняті розміри по переходам, мм			
	Rz	h	Δ	ε				$D_{max_{i-1}}$	D_{min_i}	Z_{max}	$Z_{min_{i-1}}$
Зовнішній діаметр $\varnothing 125h8$											
Заготівельна	25	50	23			300,1	1300	300,1	298,55		
Шліфувальна	15	50	10		150	318	81	298	297,85	0,14	0,09
Торець											
Заготівельна	25	50	23			3,65	120	3,65	3,35		
Шліфувальна	15	20	10		150	3,2	18	3,2	3,17	0,07	0,03

4.4 Розрахунок режимів різання

Виконаємо розрахунки режимів різання для таких операцій:

040 Плоскошліфувальна;

050 Внутрішньо-шліфувальна;

060 Протягувальна

070 Заточувальна

4.4.1 040 Плоскошліфувальна

Головним завданням операції плоского шліфування є утворення гладких торцевих поверхонь з метою усунення дефектів з поверхні після термічної обробки.

Ескіз операції зображений на рис. 4.1.

Верстат - плоскошліфувальний верстат Poleks YTU-1000 S (400×1000).

Різальний інструмент – шліфувальний круг ПП 300х40х127 25А 40 СМ.

Пристосування для базування заготовки – магнітна плита верстату.

Пристосування для базування інструменту – вмонтований в верстат. Для розрахунку режимів різання при шліфуванні як правило визначають ефективну потужність. Отримане значення має бути меншим допустимої потужності верстату. Ефективна потужність для плоского шліфування визначається за формулою:

$$N = C_N V_3^r t^x S^y d^q \quad (4.7)$$

де, C_N, r, x, y, q – коефіцієнта та показники степенів при визначенні ефективної потужності різання;

V_3 – швидкість поступального руху заготовки;

t – глибина шліфування;

S – поздовжня подача;

d – діаметр шліфування;

B – товщина круга.

Згідно кресленню деталі, діаметр шліфування буде рівний $d = 150$ мм.

Товщина круга, згідно вище обраної конструкції інструменту, $B = 40$ мм.

За [8] табл.55 с.302 при плоскому шліфуванні периферією круга та при обробці сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73 на верстатах з прямокутним столом та при остаточному шліфуванні отримаємо:

- швидкість круга $V_K = 35$ м/с,
- швидкість заготовки $V_z = 15$ м/хв,
- глибина шліфування $t = 0.01$ мм,
- поздовжня подача $S = 0.2B = 8$ мм/хід стол.

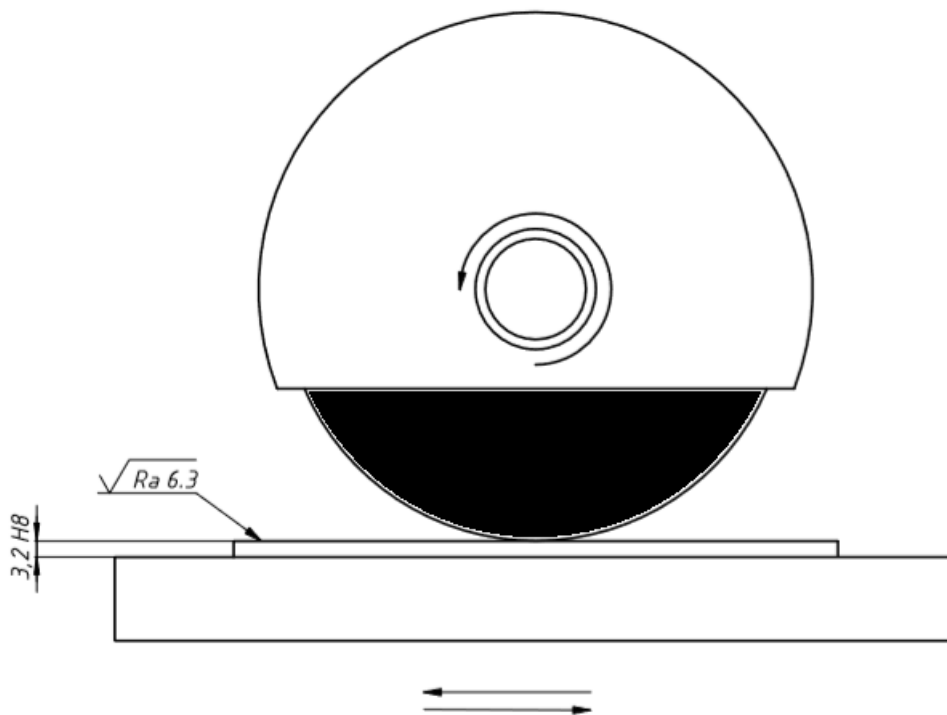


Рис 4.1. – Ескіз операції 020 Плоскошліфувальна

За [8] табл.56 с.303 при плоскому шліфуванні периферією круга з прямокутним столом, зернистості шліфувального круга 40:

$$C_N = 0.53,$$

$$r = 0.85,$$

$$x = 0.65,$$

$$y = 0.7,$$

$$q = 0.$$

Отже, ефективна потужність рівна $N = 1.138$ кВт

Потужність електродвигуна $N_{\text{дв}} = 5,5$ кВт.

Максимальна потужність обробки:

$$Ne = 0.75N_{\text{дв}} = 4.125 \text{ кВт.}$$

Отже, операцію плоского шліфування торця можливо виконати на плоско-шліфувальному верстаті Poleks YTU-1000 S (400×1000)., оскільки ефективна потужність при шліфуванні менша за допустиму потужність верстату.

$$N < Ne = 1.138 \text{ кВт} < 2.78 \text{ кВт.}$$

Основний час обробки при плоскому шліфуванні визначається за наступною формулою:

$$T_o = \frac{\pi D_{\text{ср}} t B_d}{1000 V_3 S K_{st} K_l} \quad (4.8)$$

де, $D_{\text{ср}}$ – середній діаметр робочої зони стола;

K_{st} – поправочний коефіцієнт, що враховує подачу та глибину обробки в залежності від припуску;

K_l – поправочний коефіцієнт, що враховує твердість інструменту.

Згідно [11] для інструменту твердістю СМ1 - $K_l = 1$. За [11] при припуску на шліфування $t = 0.15$ мм - $K_{st} = 0.15$. Середній діаметр робочої зони стола приймаємо рівним діаметр оброблюваної деталі, $D_{\text{ср}} = 150$ мм.

$$\text{Основний час } T_o = 3.14 \text{ хв}$$

4.3.1 050 Внутрішньо-шліфувальна

Зміст операції – шліфувати посадковий отвір корпусу дискового елемента. Ескіз операції зображений на рис. 4.2. Верстат – внутрішньо-шліфувальний верстат моделі 3А228. Різальний інструмент – ПВ 16х20х6 25А 40 СМ1 6 К 35 А 1. Пристосування для базування заготовки – трьох кулачковий патрон. Пристосування для базування інструменту – оправка.

При розрахунках режимів різання для шліфування зазвичай визначають ефективну потужність. Отримане значення повинно бути менше допустимої потужності верстатного обладнання. Ефективна потужність для внутрішнього шліфування обчислюється за формулою:

$$N = C_N V_3^r S^x b^z d^q \quad (4.9)$$

Де, C_N, r, x, y, q – коефіцієнта та показники степенів при визначенні ефективної потужності різання;

V_3 – швидкість поступального руху заготовки; t – глибина шліфування; S – поздовжня подача; d – діаметр шліфування;

B – товщина круга. Згідно кресленню деталі, діаметр шліфування буде рівний $d = 16$ мм. Товщина круга, згідно вище обраної конструкції інструменту, $B = 20$ мм.

За [8] табл.55 с.302 при круглому внутрішньому шліфуванні периферією круга та при обробці сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73 на напівавтоматичних верстатах при остаточному шліфуванні – швидкість круга $V_k = 35$ м/с, швидкість заготовки $V_3 = 50$ м/хв, глибина шліфування $t = 0.002$ мм, поздовжня подача $S = 0,05$ мм/об.

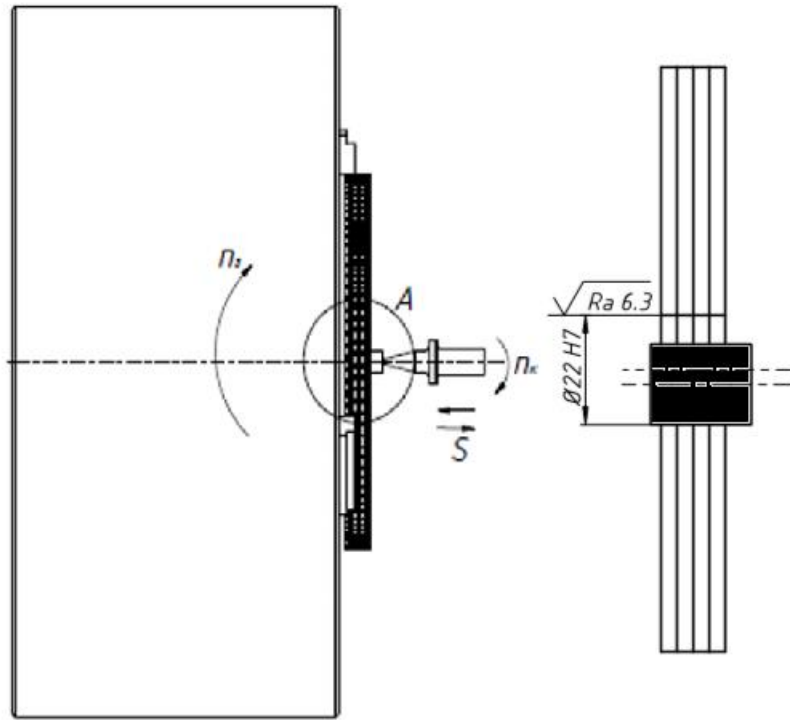


Рисунок 4.2 – Ескіз операції 050 Внутрішньо-шліфувальна

За [8] табл.56 с.303 при круглому внутрішньому шліфуванні периферією круга, зернистості шліфувального круга 25 - $CN = 0.3, r = 0.35, x = 0.4, y = 0.4, q = 0.3$. Отже, ефективна потужність рівна $N = 0.52$ кВт. За [9] потужність електродвигуна $N_{дв} = 8.3$ кВт.

Максимальна потужність обробки:

$$N_e = 0.75N_{дв} = 6,23 \text{ кВт}$$

Операцію круглого внутрішнього шліфування посадкового отвору можливо виконати на внутрішньо-шліфувальному верстаті 3A228, оскільки ефективна потужність при шліфуванні менша за допустиму потужність верстату.

$$N < N_e = 0.52 \text{ кВт} < 6,23 \text{ кВт}$$

Основний час обробки при круглому внутрішньому шліфуванні визначається за наступною формулою:

$$T_o = \frac{\pi D_{cp} t B_d}{1000 V_3 S K_{st} K_l} k \quad (4.10)$$

Де, D_{cp} – середній діаметр робочої зони стола;

K_{st} – поправочний коефіцієнт, що враховує подачу та глибину обробки в залежності від припуску;

K_l – поправочний коефіцієнт, що враховує твердість інструменту. B_d – ширина деталі.

З [10] для інструменту твердістю СМ1 - $K_l = 1$. За [10] при припуску на шліфування $t = 0.1$ мм - $K_{st} = 0.1$. Середній діаметр робочої зони стола приймаємо рівним діаметру оброблюваної деталі, а саме діаметру посадкового отвору, $D_{cp} = 30$ мм.

Згідно креслення, ширина корпусу дискового елемента $B_d = 3$ мм.

Тоді, основний час рівний:

$$T_o = 0,31 \text{ хв.}$$

4.4.3 060 Протягувальна

Зміст операції – протягувати шпонковий паз дискового елемента. Ескіз операції зображений на рис. 4.3. Верстат – горизонтально-протяжний верстат 7А510.

Різальний інструмент – протяжка 2405-1051 ГОСТ 18217-90. Пристосування для базування заготовки – плита з притискачами. Пристосування для базування інструменту – патрон для закріплення шпонкової протяжки.

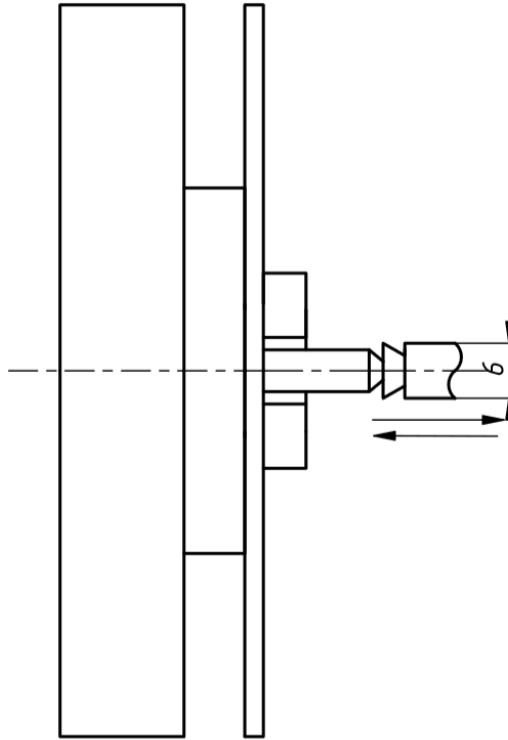


Рис. 4.3 – Ескіз операції протягування шпонкового пазу

При розрахунках режимів різання для протягування зазвичай визначають ефективну потужність. Отримане значення повинно бути менше допустимої потужності верстатного обладнання. Ефективна потужність для протягування внутрішнього шпонкового паза обчислюється за формулою:

$$N = \frac{P_z v}{75 \cdot 60 \cdot 1.36} = \frac{5720 \cdot 6}{75 \cdot 60 \cdot 1.36} = 5,6 \text{ кВт (4.11)}$$

Де, P_z – сила різання для протяжок з прямими зубами;

V з – швидкість різання при протягуванні;

Сила різання при протягуванні вираховується за формулою

$$P_z = P \sum B = 325 \cdot 17,6 = 5720 \text{ Н}$$

Де P – сила різання на 1 мм довжини леза, Н

$\sum B$ – найбільша сумарна довжина леза всіх одночасно ріжучих зубів, мм.

$$\sum B = \frac{B z_1}{z_c} = \frac{2(6 + 2,8) \cdot 1}{1} = 17,6$$

Де B – периметр різання, мм, що дорівнює довжині оброблюваного контуру заготовки;

z_1 – найбільша кількість одночасно ріжучих зубів;

z_c – кількість зубів в секції протяжки при прогресивній схемі різання, $z_c = 1$;

За [8] табл. 54. С. 300 сила різання при обробленні внутрішнього шпонкового пазу $P=325$ Н.

За [8] табл. 52 с 299 швидкість різання для оброблення шпонкового пазу при $Ra=1,6$ та точності 7-го квалітету $v = 6$ м/хв.

Глибина протягування $t = 0.5$ мм, подача на зуб $S_z = 0,1$ мм/об.

За [21] с.76 потужність електродвигуна $N_{дв} = 14$ кВт

Максимальна потужність обробки:

$$N_e = 0.75N_{дв} = 0,75 \cdot 14 = 10,5 \text{ кВт}$$

Операцію протягування внутрішнього шпонкового пазу можливо виконати на горизонтально-протягувальному верстаті 7А510, оскільки ефективна потужність при протягуванні менша за допустиму потужність верстату.

$$N < N_e = 5.6 \text{ кВт} < 10.5 \text{ кВт}$$

Основний час обробки при круглому внутрішньому шліфуванні визначається за наступною формулою:

$$T_o = \frac{(L+l_p+l_k+l)k}{1000v} = 0.58 \text{ хв}$$

Де L – довжина протягуваного отвору;

l_p – довжина різальної частини протяжки;

l_k – довжина калібруючої частини протяжки;

l – довжина перебігів, $l = 10$ мм;

k – коефіцієнт, що враховує обраний хід протяжки, $k = 1,15$.

4.4.4 070 Заточувальна

Зміст операції – заточити дисковий елемент по передній поверхні під кутом 15° .

Ескіз операції зображений на рис. 3.5.

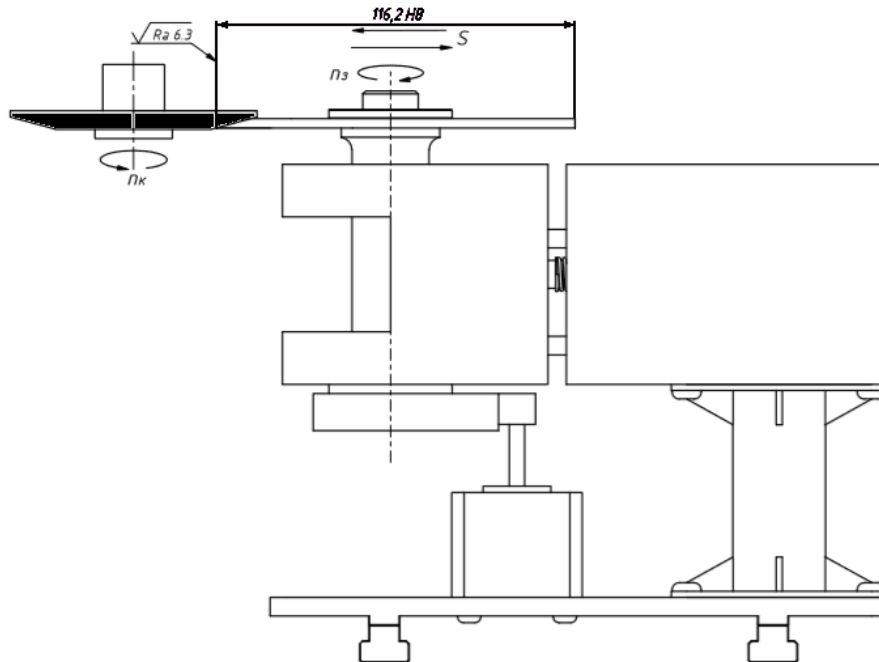


Рисунок 3.5 – Ескіз операції 060 Заточувальна

Верстат - заточувальний верстат Lorch D-59609.

Різальний інструмент – 3-80/50'6/2'20.

Пристосування для базування заготовки – спеціальний поворотний пристрій з гайковим затиском заготовки. Пристосування для базування інструменту – вмонтований в верстат. При розрахунках режимів різання для шліфування зазвичай визначають ефективну потужність. Отримане значення повинно бути менше допустимої потужності верстатного обладнання. Визначимо ефективну потужність при шліфуванні:

$$N = C_N V_3^r S^x b^z d^q \quad (4.11)$$

Де, t – глибина шліфування.

b – ширина шліфування.

V_3 – швидкість обертання заготовки.

C_N, r, q, z – коефіцієнт та показники степенів, що необхідні для розрахунку ефективної потужності. За [8] табл.55 с.302 при остаточному заточуванні твердих сплавів швидкість обертання заготовки $V_3 = 0.1$ м/хв, глибина шліфування $S = 0.01$ мм/об, $V_k = 20$ м/с.

Глибина шліфування згідно кресленню $t = 0.01$ мм.

За [8] табл.56 с.303 при заточуванні $C_N = 8.5, r = 0.6, q = 0.5, z = 0$

Отже, ефективна потужність дорівнює: $N = 0.19$ кВт.

За [11] потужність електродвигуна $N_{дв} = 1$ кВт.

Максимальна потужність обробки буде рівна:

$$N_e = 0.75 N_{дв} = 0,75 \text{ кВт}$$

Отже, дану операцію остаточного заточування передньої поверхні можливо виконати на шліфувальному верстаті Logosch D-59609, оскільки ефективна потужність при шліфуванні менша за допустиму потужність верстату.

$$N < N_e = 0.19 \text{ кВт} < 0,75 \text{ кВт}$$

Визначимо основний час обробки при заточуванні за формулою:

$$T_o = \frac{\pi D_{ср} t B_d}{1000 V_3 S K_{st} K_l} k \quad (4.12)$$

Де, a – припуск на сторону;

k – коефіцієнт, що враховує точність шліфування.

Припуск на сторону згідно креслення рівний $a = 0.01$ мм. За [12] при точності шліфування з застосуванням калібрів та поперечних плат - $k = 2$.

Отже, основний час рівний $T_o = 0.5$ хв

4.5 Норми часу

4.5.1. Норми часу для операції 020 Плоскошліфувальна

Допоміжного час

Час на встановлення та зніміну заготовки на електромагнітній плиті при масі деталі до 3 кг і числі встановлюваних заготовок 3 штуки - $t_{в.уст.} = 0.17$ хв [19, карта 13].

Час на обробку та вимірюванням універсальним вимірювальним інструментом (мікрометром) при застосуванні верстатів з горизонтальним розташуванням шпинделя та точністю вимірів до 0.05 мм та вимірювальним розміром до 50 мм - $t_{в.пер.} = 0.8$ хв [19, карта 36]. Час для зняття заготовки для вимірів - $t_{в.изм.} = 0.12$ хв [19, карта 43]. Отже, допоміжний час на операцію:

$$t_{в.} = t_{в.уст.} + t_{в.пер.} + t_{в.изм.} = 1,09 \text{ хв}$$

Оперативний час

Оперативний час визначається за формулою:

$$t_{в.} = T_o + t_{в.} = 0,5 + 1,09 = 1,59 \text{ хв}$$

Час на обслуговування

Час на обслуговування поділяється на технічне та організаційне.

Час технічного обслуговування визначається як:

$$t_{тех.} = \frac{T_n t_0}{T}$$

Час на одну правку $T_n = 1.7$ хв [19, карта 45]. Період стійкості шліфувального круга $T = 15$ хв [8]. Тоді:

$$t_{тех.} = \frac{T_n t_0}{T} = 0,21 \text{ хв}$$

Час на організаційне обслуговування робочого місця визначається в відсотках від $t_{оп.}$. Для плоскошліфувального верстату 3Б722 - $t_{орг.} = 1.5\%$ від $t_{оп.}$ [19, карта 45] - $t_{орг.} = 0.03$ хв. Час на обслуговування робочого місця:

$$t_{об.} = t_{тех.} + t_{орг.} = 0.24 \text{ хв (3.12)}$$

Час на відпочинок та особисті потреби

Час на відпочинок та особисті потреби складає 4% від $t_{оп.}$ [19, карта 46] -
 $t_{от.п.} = 0.08 \text{ хв.}$ Норма штучного часу визначається:

$$T_{шт.} = t_{оп.} + t_{об.} + t_{от.п.} = 2,14 \text{ хв (3.13)}$$

4.5.2 Норми часу для операції 030 Внутрішньо-шліфувальна

Допоміжний час

Час на встановлення заготовок масою до 10 кг в патроні з вивіркою її положення по індикатору - $t_{в.уст.} = 1.35 \text{ хв [19, карта 4].}$

Час на оброблення і вимірювання універсальним вимірювальним інструментом (мікрометром) при застосуванні верстатів другої групи - $t_{в.пер.} = 0.6 \text{ хв [19, карта 35].}$ Час для зняття заготовки для вимірів - $t_{в.изм.} = 0.12 \text{ хв [19, карта 35].}$

Отже, допоміжний час на операцію:

$$t_{в.} = t_{в.уст.} + t_{в.пер.} + t_{в.изм.} = 2,07 \text{ хв}$$

Оперативний час

Оперативний час визначається за формулою:

$$t_{оп.} = T_o + t_{в.} = 2,38 \text{ хв (3.10)}$$

Час на обслуговування

Час на обслуговування поділяється на технічне та організаційне. Час на одну правку $T_n = 1.7 \text{ хв [19, карта 45].}$ Період стійкості шліфувального круга $T = 6 \text{ хв [8].}$ Тоді:

$$t_{тех.} = \frac{T_n t_0}{T} = 0,67 \text{ хв}$$

Час на організаційне обслуговування робочого місця визначається в відсотках від $t_{оп.}$. Для внутрішньо-шліфувального верстату - $t_{орг.} = 2.5\%$ від $t_{оп.}$ [19, карта 45] - $t_{орг.} = 0.06$ хв.

Час на обслуговування робочого місця:

$$t_{об.} = t_{тех.} + t_{орг.} = 0.73 \text{ хв}$$

Час на відпочинок та особисті потреби

Час на відпочинок та особисті потреби складає 4% від $t_{оп.}$ [19, карта 45] - $t_{от.п.} = 0.1$ хв. Норма штучного часу визначається:

$$T_{шт.} = t_{оп.} + t_{об.} + t_{от.п.} = 3,21 \text{ хв}$$

3.5.3 Норми часу для операції 050 Протягування шпонкового паза

Допоміжний час

Час на встановленні заготовок масою до 1,0 кг в центрах - $t_{в.уст.} = 0.42$ хв [19, карта 6]. Час на обробку і вимірювання універсальним вимірювальним інструментом (мікрометром) при застосуванні верстатів другої групи - $t_{в.пер.} = 0.4$ хв [19, карта 44].

Час для зняття заготовки для вимірів - $t_{в.изм.} = 0.13$ хв [19, карта 43]. Отже, допоміжний час на операцію:

$$t_{в.} = t_{в.уст.} + t_{в.пер.} + t_{в.изм.} = 0,95 \text{ хв}$$

Оперативний час

Оперативний час визначається за формулою:

$$t_{оп.} = T_o + t_{в.} = 0,58 + 0,95 = 1,53 \text{ хв}$$

Час на обслуговування

Час на обслуговування поділяється на технічне та організаційне.

Час на одну правку $Tn = 1.6$ хв [19, карта 45]. Період стійкості протяжки $T = 120$ хв. Тоді:

$$t_{\text{тех.}} = \frac{T_n t_0}{T} = 0,0204 \text{ хв}$$

Час на організаційне обслуговування робочого місця визначається в відсотках від $t_{\text{оп.}}$. Для горизонтально-протягувального верстату - $t_{\text{орг.}} = 4\%$ від $t_{\text{оп.}}$ [19, карта 45] - $t_{\text{орг.}} = 0.06 \text{ хв.}$

Час на обслуговування робочого місця:

$$t_{\text{об.}} = t_{\text{тех.}} + t_{\text{орг.}} = 0.08 \text{ хв}$$

Час на відпочинок та особисті потреби

Час на відпочинок та особисті потреби складає 4% від $t_{\text{оп.}}$ [19, карта 45] - $t_{\text{от.п.}} = 0.06 \text{ хв.}$ Норма штучного часу визначається:

$$T_{\text{шт.}} = t_{\text{оп.}} + t_{\text{об.}} + t_{\text{от.п.}} = 1,67 \text{ хв}$$

4.5.4 Норми часу для операції 070 Заточувальна

Визначення допоміжного часу

Час на встановленні заготовок масою до 1,0 кг в центрах - $t_{\text{в.уст.}} = 0.23 \text{ хв}$ [19, карта 6]. Час на обробку і вимірювання універсальним вимірювальним інструментом (мікрометром) при застосуванні верстатів другої групи - $t_{\text{в.пер.}} = 0.49 \text{ хв}$ [19, карта 44].

Час для зняття заготовки для вимірів - $t_{\text{в.изм.}} = 0.13 \text{ хв}$ [19, карта 43]. Отже, допоміжний час на операцію:

$$t_{\text{в.}} = t_{\text{в.уст.}} + t_{\text{в.пер.}} + t_{\text{в.изм.}} = 0,85 \text{ хв}$$

Оперативний час

Оперативний час визначається за формулою:

$$t_{\text{оп.}} = T_o + t_{\text{в.}} = 1,46 \text{ хв}$$

Час на обслуговування

Час на обслуговування поділяється на технічне та організаційне.

Час на одну правку $Tn = 1.6$ хв [19, карта 45]. Період стійкості круга $T = 15$ хв[8]. Тоді:

$$t_{\text{тех.}} = \frac{T_n t_0}{T} = 0,06 \text{ хв}$$

Час на організаційне обслуговування робочого місця визначається в відсотках від $t_{\text{оп.}}$. Для горизонтально-протягувального верстату - $t_{\text{орг.}} = 1\%$ від $t_{\text{оп.}}$ [19, карта 45] - $t_{\text{орг.}} = 0.06$ хв.

Час на обслуговування робочого місця:

$$t_{\text{об.}} = t_{\text{тех.}} + t_{\text{орг.}} = 0.12 \text{ хв}$$

Час на відпочинок та особисті потреби

Час на відпочинок та особисті потреби складає 4% від $t_{\text{оп.}}$ [19, карта 45] - $t_{\text{от.п.}} = 0.06$ хв. Норма штучного часу визначається:

$$T_{\text{шт.}} = t_{\text{оп.}} + t_{\text{об.}} + t_{\text{от.п.}} = 1,64 \text{ хв}$$

5 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

5.1 Пристосування для загострення різальних кромок дискової відрізної фрези

5.1.1 Опис пристосування

Точність оброблення деталей відхилень розмірів, форми та розташування поверхонь збільшується (у середньому на 20 – 30 %) в наслідок використання верстатних пристосувань. Вони мають бути точними у виконанні, мати власну контактну жорсткість, при цьому задовольняти зменшені деформації заготовок і стабільні сили їх закріплення. Застосування верстатних пристосувань дозволяє обґрунтовано знизити вимоги до кваліфікації верстатників основного виробництва (у середньому на розряд), об'єктивно регламентувати тривалість виконуваних операцій, поширити технологічні можливості обладнання [17].

Чим більше випуск деталей, тим більш економічно вигідно застосовувати спеціальні верстатні пристосування, тому що затрати на їх виробництво розкладаються на велику кількість деталей. У крупносерійному та масовому виробництві використання пристосувань надає техніко-економічний ефект, котрий зі значною вигодою окупає їх. При цьому вирішується питання конструкції пристосування та на яку кількість одночасно оброблювальних деталей воно повинно бути розраховано [17].

Для реалізації швидкого заточування різальних кромок дискового елемента та уникнення геометричних дефектів викає потреба у створенні пристосування для заточування даного інструментального елемента.

5.1.2 Розробка схеми базування

Для цілей проектування, виготовлення, складання і ремонту виробів машинобудування встановлені терміни і визначення основних понять. Базування - придання заготовці чи виробу необхідного положення відносно вибраної системи координат. При розробці технологічного процесу механічної обробки важливо правильно вибрати установочні поверхні (бази), способи установки і закріплення заготовок на верстатах [18]. Призначення баз є одним із важливих етапів проектування оскільки суттєво впливає на фактичну точність виконання розмірів, правильність взаємного розташування поверхонь, ступінь складності пристроїв і інструменту, загальну продуктивність обробки. В ряді випадків можлива реалізація кількох варіантів базування із яких не просто вибрати кращий. Вибір баз вимагає чіткого уявлення про функціональне призначення поверхонь деталі, розмірним зв'язку між ними, про їх пошкодження при експлуатації і можливості використання в ремонтній практиці [18].

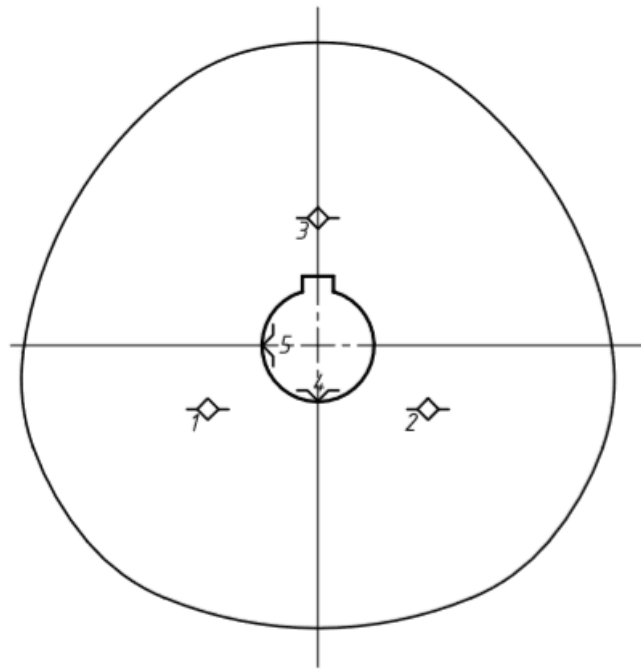


Рисунок 5.2 – Схема базування фрези

Опорна поверхня валу являється установочною базою для диску. Для надійної фіксації та уникнення вилітання заготовки в процесі заточування диск затискається гайкою. Для уникнення обертання заготовки в ході операції на

поверхні валу розташований виступ під шпонковий паз дискового елемента. Даний виступ слугує також для синхронізації розташування заготовки відносно кулачка, який задає траєкторію руху диску відносно заточувального інструменту. Для надійної фіксації заготовки гайкою потрібно розрахувати необхідні зусилля затиску.

5.1.3 Визначення необхідного зусилля затиску

Для визначення зусилля затиску необхідного для надійного забезпечення операції переточування в першу чергу потрібно визначити зусилля, що виникає при переточуванні різальних кромek фрези.

Визначимо ефективну потужність при шліфуванні [8]:

$$N = C_N V_3^r t^x S^y d^q \quad (5.1)$$

де, d – діаметр шліфування.

$$d = 125 \text{ мм}$$

b – ширина шліфування.

$$b = 12,5 \text{ мм}$$

де, C_N, r, x, y, q – коефіцієнта та показники степенів при визначенні ефективної потужності.

За [8] ці показники рівні:

$$C_N = 8.5, r = 0.6, q = 0.5, z = 0$$

V_3 – швидкість обертання заготовки.

За [8]:

$$V_3 = 1 \text{ м/хв}$$

Отже,

$$N = 567.02 \text{ Вт}$$

Визначимо зусилля різання як:

$$P = \frac{N}{V_k} \quad (5.2)$$

Де, V_k – швидкість обертання шліфувального круга.

За [8]:

$$V_3 = 20 \text{ м/хв}$$

Отже,

$$P = 60 \text{ Н}$$

Виконавши розрахунки сили, яка виникає при операції переточування виникає можливість розрахувати необхідне зусилля різання.

$$Q = \frac{kP}{f_1 + f_2} \quad (5.3)$$

Де, k – коефіцієнт запасу сил затиску.

Визначається як:

$$k = \prod_0^6 k_i \quad (5.4)$$

Де, k_0 – гарантований коефіцієнт запасу.

За [19]:

$$k_0 = 1.5$$

k_1 – коефіцієнт, що враховує наявність випадкових нерівностей на поверхні заготовки.

При чистовій обробці:

$$k_1 = 1$$

k_2 - коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання при затупленні інструменту.

За [19] т.1 при шліфуванні:

$$k_2 = 1.2$$

k_3 - коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання при переривистому різанні.

При обробці з ударами за [18]:

$$k_3 = 1.2$$

k_4 - коефіцієнт, що враховує постійність сил затиску.

Для ручних затискних пристосувань за [19]:

$$k_4 = 1.3$$

k_5 - коефіцієнт, що враховує зручність розташування рукояток в ручних затискних пристосуваннях.

При зручному розташуванні за [19]:

$$k_5 = 1$$

k_6 - коефіцієнт, що враховує наявність моментів, що намагаються повернути заготовку.

При повній схемі базування за [19]:

$$k_6 = 1$$

Отже, коефіцієнт запасу сили затиску буде рівним:

$$k = 2.81$$

f_1 – коефіцієнт тертя між заготовкою та установчими елементами. При установці сталюї заготовки на сталюу опору:

$$f_1 = 0.15$$

f_2 – коефіцієнт тертя між заготовкою та затискними елементами.

При затиску сталюї заготовки сталюими елементами:

$$f_2 = 0.15$$

Тоді, необхідна сила затиску буде рівна:

$$Q = 562 \text{ Н}$$

5.1.4 Визначення міцності болтового з'єднання

Для визначення міцності болтового з'єднання задаємо осьове навантаження на болт $N = 600 \text{ Н}$. Поперечне навантаження Q на болт дорівнюватиме 650 Н .

Зважаючи на те, що болт виконаний з сталі 40Х він може витримувати наступні допустимі напруження:

- На розтяг – 230 МПа
- На зріз – 115 МПа

Різьба розташована на діаметрі 18 володіє кроком 0.75 мм . Дрібний крок різьби дозволяє використовувати гайки з малою довжиною різьби, що дає змогу зменшити габаритні розміри з'єднання.

Так як гайка виконана з того ж матеріалу що й болт її допустиме напруження на зріз теж дорівнює 115 МПа .

Коефіцієнти запасу болта $M18 \times 0.75$:

- розтягу – 88.46
- зрізу різьби – 82.14
- кручення – 57.50
- зріз гайки – 104.55
- зріз болта – 41.07

Спираючись на вихідні данні осьове зусилля на болт $F_w = 600 \text{ Н}$, поперечне зусилля $Q_w = 650 \text{ Н}$, коефіцієнт наявності мастила $\zeta = 0.18$, $\zeta_1 = 0.37$.

Площа болта вираховується за формулою:

$$A_w = \frac{1}{4} \pi (d_3^2 - d^2) = \frac{1}{4} \pi (17.08^2 - 0^2) = 229 \text{ мм}^2 \quad (5.5)$$

Площа тіла болта:

$$A_D = \frac{1}{4} \pi (D^2 - d^2) = \frac{1}{4} \pi (18^2 - 0^2) = 254.3 \text{ мм}^2 \quad (5.6)$$

Момент спротиву перерізу крученню:

$$W_w = \frac{1}{16} \pi D^3 \left(1 - \frac{d^4}{D^4}\right) = \frac{1}{16} \pi 18^3 \left(1 - \frac{0^4}{17.08^4}\right) = 977.9 \text{ мм}^2 \quad (5.7)$$

Крутний момент при затягуванні:

$$M_K = \zeta F_w \frac{D}{z} = 0.37 \cdot 600 \cdot 18 = 3996 \text{ Нмм} = 0,4 \text{ кгс} \cdot \text{м} \quad (5.8)$$

Напруження зрізу різьбової частини не повинно перевищувати 115 МПа.

Виконаємо перевірку за наступною формулою:

$$\tau_w = \frac{Q_w}{z A_D} = \frac{650}{229} = 2.8 \text{ МПа} < 115 \text{ МПа} - \text{умова виконується} \quad (5.9)$$

Виконаємо розрахунок напруження що діє на тіло болта:

$$\tau_w = \frac{Q_w}{z A_D} = \frac{650}{254,3} = 2.6 \text{ МПа} < 115 \text{ МПа} - \text{умова виконується} \quad (5.10)$$

Наступним кроком необхідно визначити зусилля розтягу, яке виникає в болтовому з'єднанні. Скористаємося формулою:

$$\sigma_w = \frac{F_w}{z A_w} = \frac{600}{229} = 2.6 \text{ МПа} < 230 \text{ МПа} - \text{умова виконується} \quad (5.11)$$

Виконаємо перевірку стійкості різьби болта до зрізу. Напруження зрізу різьби не повинно перевищувати 115 МПа.

$$\tau_p = \frac{F_w}{\pi d_3 h z K_1 K_m} = \frac{600}{\pi \cdot 17.08 \cdot 18 \cdot 0.75 \cdot 0.6} = 1.4 \text{ МПа} < 115 \text{ МПа} - \text{умова виконується} \quad (5.12)$$

Напруження кручення у болті дорівнює:

$$\tau_{sw} = \frac{M_K}{W_w} = \frac{1944}{977.9} = 2 \text{ МПа} < 115 \text{ МПа} \quad (5.13)$$

Розрахуємо напруження зрізу різьби для гайки:

$$\tau_p = \frac{F_w}{\pi d_3 h z K_1 K_m} = \frac{600}{\pi \cdot 17.08 \cdot 18 \cdot 0.875 \cdot 0.6} = 1,1 \text{ МПа} < 115 \text{ МПа} \quad (5.14)$$

В результаті розрахунків видно, що болтове з'єднання забезпечує необхідну силу затиску не руйнуючись при цьому.

5.1.5 Моделювання кулачкового механізму

Кулачковий механізм який слугує для передавання крутного моменту від двигуна до валу пристосування, та для відтворення контуру дискового елемента в процесі його шліфування був створений в в САМ системі Autodesk Inventor 2021.

На панелі команд, при роботі у вікні “Сборка”, у вкладці “Проектирование” обираємо команду “Дисковый кулачок”. Для створення кулачкового механізму необхідно задати параметри кулачка зображені на рис. 5.3.

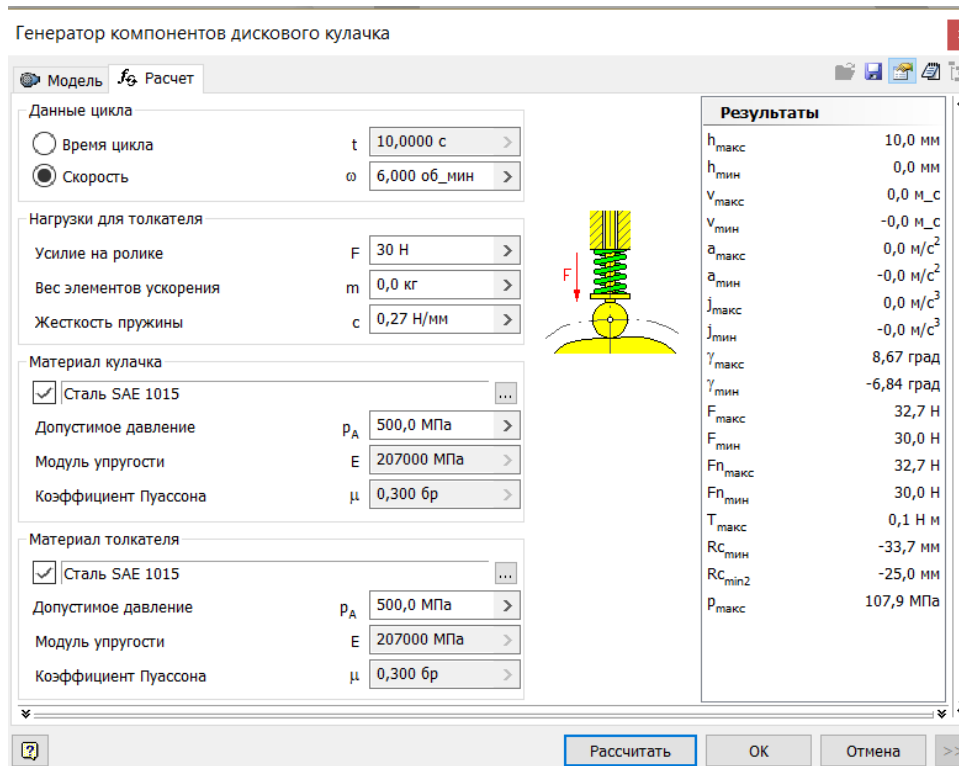


Рис. 5.3 – Параметры работы кулачкового механизма

Параметры пружины взяты з [22] та представлені в таблиці 5.1. Пружина виготовлена за ГОСТ 9389-75 Б-2.

Таблица 5.1 Параметры пружины

Діаметр проволоки, d	1 мм
Зовнішній діаметр, $D_{зов}$	10 мм
Середній діаметр $D_{ср}$	9,5 мм
Внутрішній діаметр $D_{вн}$	8 мм
Довжина пружино по зацепам, L_0	60 мм
Довжина тіла пружини, L_0^*	50 мм
Кількість робочих витків, n	49 шт.
Повна кількість витків, n_1	51 шт.
Жорсткість пружини, c	0,27 Н/мм
Робоче навантаження, F	30 Н

Розвертка пружини	1441,26 мм
Крок, t	1 мм

Після задання та розрахунку вказаних вище параметрів задаємо габаритні розміри елементів кулачкового механізму, та вказуємо елементи базування кулачка відносно валу пристосування. Для отримання кулачка, який відворюватиме контур заточуваного дискового елемента у вкладці “Модель” вказуємо контур заточуваного елемента.

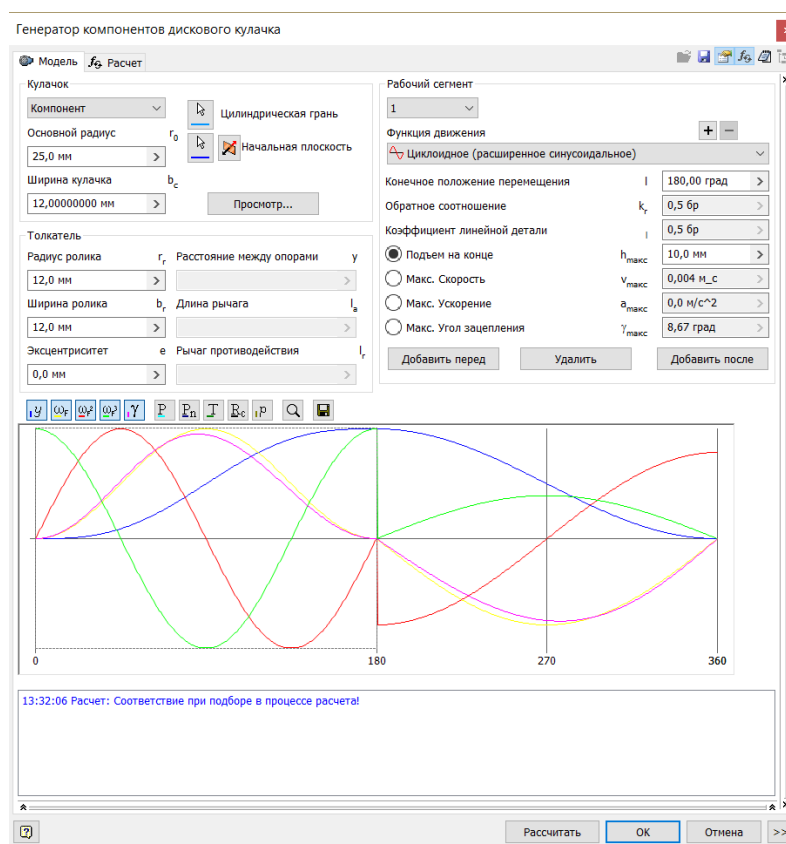


Рис. 5.4 – Габаритні параметри елементів кулачкового механізму

В результаті розрахунків генеруємо модель кулачка зображену на рис. 5.5

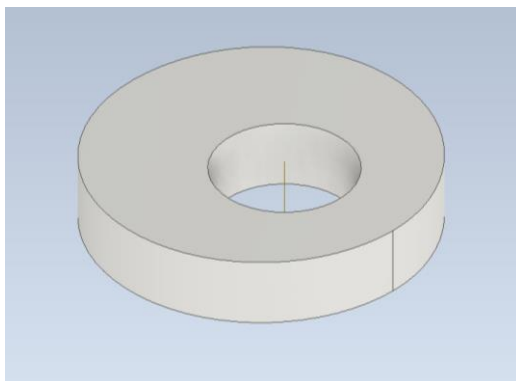


Рис. 5.5 – профіль згенерованого кулачка

5.2. Написання керуючої програми

5.2.1. Написання керуючої програми для створення кінцевика інструмета

Для створення кінцевика інструменту для оброблення алюмінієвих сот здійснимо побудову моделі в САМ системі Autodesk Inventor 2021.

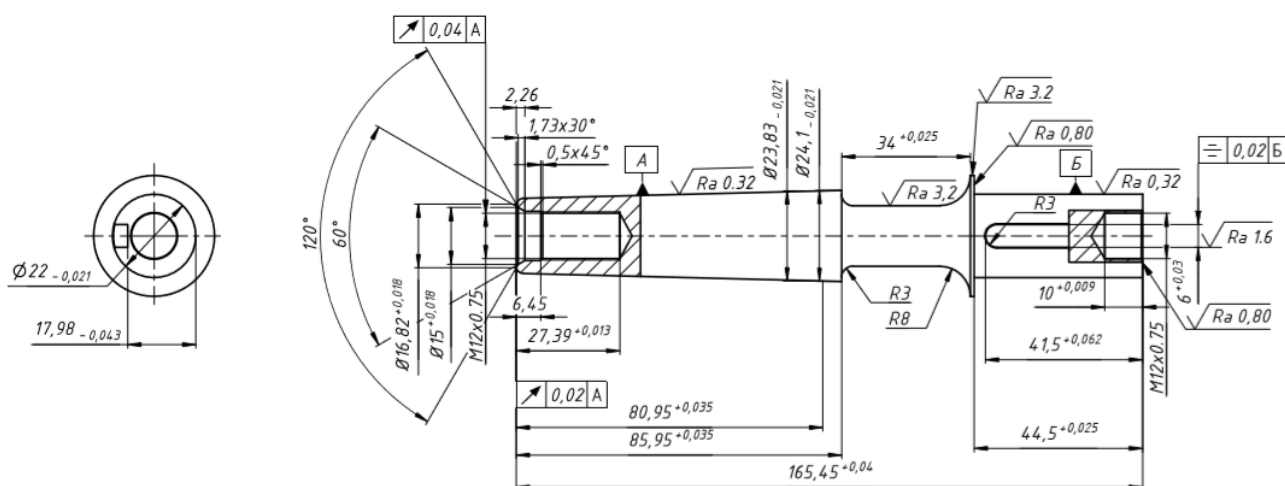


Рис. 5.3 – Ескіз моделі державки

Для даної моделі були змодельовані всі операції виготовлення, на основі яких була створена керуюча програма оброблення.

O1001	N33 Z-132.607
N10 G98 G18	N34 Z-137.607
N11 G21	N35 Z-123.135
N12 G50 S6000	N36 Z-128.135
N13 M31	N37 Z-113.663
N14 G53 G0 X0.	N38 Z-118.663
N15 T100	N39 Z-104.191
N16 G99	N40 Z-109.191
N17 M21	N41 Z-94.719
N18 G97 S485 M3	N42 Z-99.719
N19 G54	N43 Z-85.247
N20 M8	N44 Z-90.247
N21 G0 X60. Z0.	N45 Z-75.775
N22 G50 S6000	N46 Z-80.775
N23 G96 S91 M3	N47 Z-66.303
N24 G0 Z-170.066	N48 Z-71.303
N25 X39.857	N49 Z-56.832
N26 G1 X39. F0.127	N50 Z-61.832
N27 Z-161.023	N51 Z-47.36
N28 Z-166.023	N52 Z-52.36
N29 Z-151.551	N53 Z-37.888
N30 Z-156.551	N54 Z-42.888
N31 Z-142.079	N55 Z-28.416
N32 Z-147.079	N56 Z-33.416

N57 Z-18.944	N84 Z-66.526
N58 Z-23.944	N85 Z-71.526
N59 Z-9.472	N86 Z-57.022
N60 Z-14.472	N87 Z-62.022
N61 Z0.	N88 Z-47.518
N62 G0 Z-170.066	N89 Z-52.518
N63 G1 X37. F0.127	N90 Z-38.015
N64 Z-161.563	N91 Z-43.015
N65 Z-166.563	N92 Z-28.511
N66 Z-152.059	N93 Z-33.511
N67 Z-157.059	N94 Z-19.007
N68 Z-142.555	N95 Z-24.007
N69 Z-147.555	N96 Z-9.504
N70 Z-133.051	N97 Z-14.504
N71 Z-138.051	N98 Z0.
N72 Z-123.548	N99 G0 Z-170.066
N73 Z-128.548	N100 G1 X35. F0.127
N74 Z-114.044	N101 Z-161.563
N75 Z-119.044	N102 Z-166.563
N76 Z-104.54	N103 Z-152.059
N77 Z-109.54	N104 Z-157.059
N78 Z-95.037	N105 Z-142.555
N79 Z-100.037	N106 Z-147.555
N80 Z-85.533	N107 Z-133.051
N81 Z-90.533	N108 Z-138.051
N82 Z-76.029	N109 Z-123.548
N83 Z-81.029	N110 Z-128.548

N111 Z-114.044	N138 Z-161.563
N112 Z-119.044	N139 Z-166.563
N113 Z-104.54	N140 Z-152.059
N114 Z-109.54	N141 Z-157.059
N115 Z-95.037	N142 Z-142.555
N116 Z-100.037	N143 Z-147.555
N117 Z-85.533	N144 Z-133.051
N118 Z-90.533	N145 Z-138.051
N119 Z-76.029	N146 Z-123.548
N120 Z-81.029	N147 Z-128.548
N121 Z-66.526	N148 Z-114.044
N122 Z-71.526	N149 Z-119.044
N123 Z-57.022	N150 Z-104.54
N124 Z-62.022	N151 Z-109.54
N125 Z-47.518	N152 Z-95.037
N126 Z-52.518	N153 Z-100.037
N127 Z-38.015	N154 Z-85.533
N128 Z-43.015	N155 Z-90.533
N129 Z-28.511	N156 Z-76.029
N130 Z-33.511	N157 Z-81.029
N131 Z-19.007	N158 Z-66.526
N132 Z-24.007	N159 Z-71.526
N133 Z-9.504	N160 Z-57.022
N134 Z-14.504	N161 Z-62.022
N135 Z0.	N162 Z-47.518
N136 G0 Z-170.066	N163 Z-52.518
N137 G1 X33. F0.127	N164 Z-38.015

N165 Z-43.015	N192 G18 G3 X31. Z-121.929 I5.7
N166 Z-28.511	K12.458
N167 Z-33.511	N193 G1 Z-114.481
N168 Z-19.007	N194 Z-119.481
N169 Z-24.007	N195 Z-104.941
N170 Z-9.504	N196 Z-109.941
N171 Z-14.504	N197 Z-95.401
N172 Z0.	N198 Z-100.401
N173 G0 X33.4	N199 Z-85.861
N174 Z-170.066	N200 Z-90.861
N175 X33.	N201 Z-76.32
N176 G1 X31. F0.127	N202 Z-81.32
N177 Z-161.526	N203 Z-66.78
N178 Z-166.526	N204 Z-71.78
N179 Z-151.986	N205 Z-57.24
N180 Z-156.986	N206 Z-62.24
N181 Z-142.446	N207 Z-47.7
N182 Z-147.446	N208 Z-52.7
N183 Z-132.906	N209 Z-38.16
N184 Z-137.906	N210 Z-43.16
N185 Z-124.056	N211 Z-28.62
N186 X32.058 Z-123.613	N212 Z-33.62
N187 X31. Z-124.056	N213 Z-19.08
N188 Z-128.366	N214 Z-24.08
N189 Z-124.056	N215 Z-9.54
N190 X32.2 Z-123.553	N216 Z-14.54
N191 Z-122.222	N217 Z0.

N218 G0 X32.	N245 Z-14.424
N219 Z-121.929	N246 Z0.
N220 G1 X31. F0.127	N247 G0 X30.
N221 G3 X29. Z-121.357 I6.3 K12.165	N248 Z-121.357
N222 G1 Z-113.086	N249 G1 X29. F0.127
N223 Z-118.086	N250 G3 X27. Z-120.663 I7.3 K11.593
N224 Z-103.662	N251 G1 Z-112.505
N225 Z-108.662	N252 Z-117.505
N226 Z-94.238	N253 Z-103.13
N227 Z-99.238	N254 Z-108.13
N228 Z-84.814	N255 Z-93.754
N229 Z-89.814	N256 Z-98.754
N230 Z-75.391	N257 Z-84.379
N231 Z-80.391	N258 Z-89.379
N232 Z-65.967	N259 Z-75.004
N233 Z-70.967	N260 Z-80.004
N234 Z-56.543	N261 Z-65.628
N235 Z-61.543	N262 Z-70.628
N236 Z-47.119	N263 Z-56.253
N237 Z-52.119	N264 Z-61.253
N238 Z-37.695	N265 Z-46.877
N239 Z-42.695	N266 Z-51.877
N240 Z-28.271	N267 Z-37.502
N241 Z-33.271	N268 Z-42.502
N242 Z-18.848	N269 Z-28.126
N243 Z-23.848	N270 Z-33.126
N244 Z-9.424	N271 Z-18.751

N272 Z-23.751	N299 Z-32.953
N273 Z-9.375	N300 Z-18.635
N274 Z-14.375	N301 Z-23.635
N275 Z0.	N302 Z-9.318
N276 G0 X28.	N303 Z-14.318
N277 Z-120.663	N304 Z0.
N278 G1 X27. F0.127	N305 G0 X26.
N279 G3 X25. Z-119.824 I8.3 K10.9	N306 Z-119.824
N280 G1 Z-111.812	N307 G1 X25. F0.127
N281 Z-116.812	N308 G3 X23. Z-118.797 I9.3 K10.06
N282 Z-102.495	N309 G1 Z-110.961
N283 Z-107.495	N310 Z-115.961
N284 Z-93.177	N311 Z-101.691
N285 Z-98.177	N312 Z-106.691
N286 Z-83.859	N313 Z-92.421
N287 Z-88.859	N314 Z-97.421
N288 Z-74.542	N315 Z-88.679
N289 Z-79.542	N316 X23.086 Z-88.643
N290 Z-65.224	N317 X24.295 Z-88.036
N291 Z-70.224	N318 X24.231 Z-83.421
N292 Z-55.906	N319 X24.295 Z-88.036
N293 Z-60.906	N320 X23.751 Z-88.309
N294 Z-46.588	N321 X24.295 Z-88.036
N295 Z-51.588	N322 X24.104 Z-74.151
N296 Z-37.271	N323 X24.173 Z-79.151
N297 Z-42.271	N324 X24.025 Z-68.411
N298 Z-27.953	N325 X23.81 Z-64.883

N326 X24.025 Z-68.411	N353 Z-17.206
N327 X24.045 Z-69.882	N354 Z-18.806
N328 X24.025 Z-68.411	N355 X21.207 Z-22.204
N329 X23.245 Z-55.618	N356 X21. Z-18.806
N330 X23.55 Z-60.615	N357 Z-8.603
N331 X23. Z-51.602	N358 Z-13.603
N332 Z-46.35	N359 Z0.
N333 Z-51.35	N360 G0 X22.
N334 Z-37.08	N361 Z-18.806
N335 Z-42.08	N362 G1 X21. F0.127
N336 Z-27.81	N363 X20.422 Z-9.336
N337 Z-32.81	N364 X20.727 Z-14.334
N338 Z-18.54	N365 X20.118 Z-4.339
N339 Z-23.54	N366 X20.108 Z-4.245
N340 Z-9.27	N367 X20.087 Z-4.135
N341 Z-14.27	N368 X20.059 Z-4.039
N342 Z0.	N369 X20.018 Z-3.93
N343 G0 X24.	N370 X19.972 Z-3.835
N344 Z-51.602	N371 X19.912 Z-3.728
N345 G1 X23. F0.127	N372 X19.849 Z-3.636
N346 X22.476 Z-43.003	N373 X19.77 Z-3.532
N347 X22.78 Z-48.001	N374 X19.691 Z-3.443
N348 X21.951 Z-34.404	N375 X19.593 Z-3.344
N349 X22.256 Z-39.402	N376 X19.499 Z-3.258
N350 X21.427 Z-25.806	N377 X19.383 Z-3.164
N351 X21.732 Z-30.803	N378 X19.273 Z-3.083
N352 X21. Z-18.806	N379 X19.142 Z-2.995

N380 X19.018 Z-2.919	N407 Z-2.187
N381 X19. Z-2.909	N408 G1 X13. F0.127
N382 Z0.	N409 Z0.
N383 G0 X20.	N410 G0 X15.
N384 Z-2.909	N411 Z-2.187
N385 G1 X19. F0.127	N412 G1 X12.2 F0.127
N386 X18.871 Z-2.837	N413 X22.2 Z2.813
N387 X18.735 Z-2.768	N414 G0 X25.295
N388 X18.573 Z-2.692	N415 Z-118.797
N389 X18.424 Z-2.629	N416 X24.
N390 X18.249 Z-2.561	N417 G1 X23. F0.127
N391 X18.09 Z-2.505	N418 G3 X21. Z-117.51 I10.3 K9.033
N392 X17.903 Z-2.446	N419 G1 Z-111.409
N393 X17.735 Z-2.397	N420 Z-116.409
N394 X17.539 Z-2.346	N421 Z-103.677
N395 X17.362 Z-2.305	N422 Z-108.677
N396 X17.158 Z-2.263	N423 Z-95.944
N397 X17. Z-2.235	N424 Z-100.944
N398 Z0.	N425 Z-89.518
N399 G0 X18.	N426 X23. Z-88.679
N400 Z-2.235	N427 X33. Z-93.679
N401 G1 X17. F0.127	N428 G0 Z-117.51
N402 X16.974 Z-2.231	N429 X22.
N403 X16.69 Z-2.187	N430 G1 X21. F0.127
N404 X15.	N431 G3 X19. Z-115.797 I11.3 K7.746
N405 Z0.	N432 G1 Z-108.205
N406 G0 X17.	N433 Z-113.205

N434 Z-98.628	N459 Z-103.466
N435 Z-103.628	N460 Z-91.532
N436 Z-90.357	N461 X17.6 Z-90.944
N437 X21. Z-89.518	N462 X27.6 Z-95.944
N438 X31. Z-94.518	N463 G0 X33.4
N439 G0 Z-115.797	N464 Z-170.066
N440 X20.	N465 X31.
N441 G1 X19. F0.127	N466 G1 X29. F0.127
N442 G3 X17.6 Z-114.087 I12.3 K6.033	N467 Z-161.571
N443 G1 Z-107.301	N468 Z-166.571
N444 Z-112.301	N469 Z-152.076
N445 Z-98.666	N470 Z-157.076
N446 Z-103.666	N471 Z-142.581
N447 Z-90.944	N472 Z-147.581
N448 X19. Z-90.357	N473 Z-133.085
N449 X29. Z-95.357	N474 Z-138.085
N450 G0 Z-114.087	N475 Z-124.895
N451 X18.6	N476 X31. Z-124.056
N452 G1 X17.6 F0.127	N477 X41. Z-129.056
N453 G3 X16.2 Z-109.764 I13. K4.323	N478 G0 Z-170.066
N454 G1 Z-106.314	N479 X29.
N455 Z-109.764	N480 G1 X27. F0.127
N456 G2 X16.375 Z-111.311 I13.7 K0.	N481 Z-161.739
N457 G3 X16.2 Z-109.764 I13.612 K1.547	N482 Z-166.739
N458 G1 Z-98.466	N483 Z-152.411
	N484 Z-157.411
	N485 Z-143.084

N486 Z-148.084	N513 Z-144.091
N487 Z-133.757	N514 Z-149.091
N488 Z-138.757	N515 Z-135.099
N489 Z-125.735	N516 Z-140.099
N490 X29. Z-124.895	N517 Z-127.413
N491 X39. Z-129.895	N518 X25. Z-126.574
N492 G0 Z-170.066	N519 X35. Z-131.574
N493 X27.	N520 G0 Z-170.066
N494 G1 X25. F0.127	N521 X23.
N495 Z-161.907	N522 G1 X21. F0.127
N496 Z-166.907	N523 Z-168.556
N497 Z-152.747	N524 X22.2 Z-168.053
N498 Z-157.747	N525 Z-162.522
N499 Z-143.587	N526 Z-167.522
N500 Z-148.587	N527 Z-153.698
N501 Z-134.428	N528 Z-158.698
N502 Z-139.428	N529 Z-144.874
N503 Z-126.574	N530 Z-149.874
N504 X27. Z-125.735	N531 Z-136.05
N505 X37. Z-130.735	N532 Z-141.05
N506 G0 Z-170.066	N533 Z-127.748
N507 X25.	N534 X23. Z-127.413
N508 G1 X23. F0.127	N535 X33. Z-132.413
N509 Z-162.074	N536 G0 Z-170.066
N510 Z-167.074	N537 X21.
N511 Z-153.083	N538 G1 X19.201 F0.127
N512 Z-158.083	N539 Z-169.311

N540 X21. Z-168.556

N548 G97 S485 M3

N541 X24.02 Z-170.066

N542 G0 X19.201

N549 M9

N543 G1 X17.401 F0.127

N550 M33

N544 X19.201 Z-169.311

N551 G53 X0.

N545 X20.71 Z-170.066

N552 G53 Z0.

N546 G0 X60.

N553 M30

N547 Z0.

%

Відповідно до керуючої програми на рис. 5.4 зображені траєкторії рухів інструментів в процесі оброблення заготовки державки.

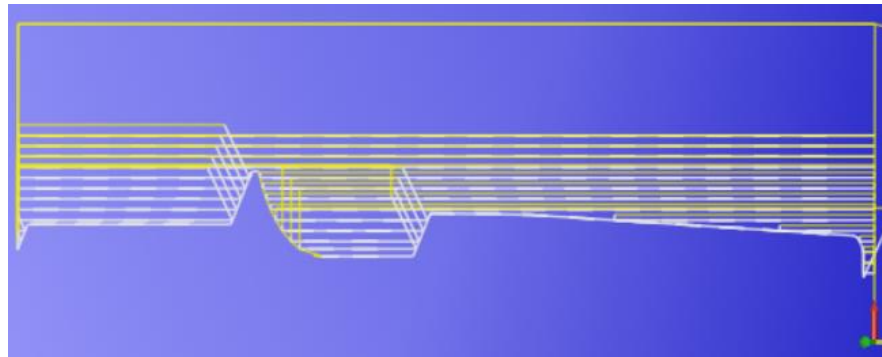


Рис. 5.4 – Траєкторія рухів інструментів

6. РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ІНСТРУМЕНТУ

Визначаємо діаметр торцевої фрези D . При фрезеруванні для досягнення продуктивних режимів різання діаметр фрези D повинен бути більше ширини площини, яка фрезерується, тобто

$$D = (1,25 \div 1,5)B \quad (6.1)$$

$$D = 1,5B = 1,5 \cdot 100 = 75 \text{ мм.} \quad (6.2)$$

Призначаємо стандартну фрезу з ГОСТ діаметр $D = 125$ мм; кількість зубів $z = 16$; матеріал різальної частини швидкорізальна сталь Р6М5.

За довідником визначаємо період стійкості фрези $T = 130$ хв.

Встановлюємо глибину різання t . Припуск фрезеруємо за один прохід ($i = 1$, i – число проходів), отже, $t = h = 4$ мм.

Визначаємо подачу на зуб фрези S_z при потужності фрезерного верстата $N_d = 9,5$ кВт; вибираємо $S_z = 0,25$ мм/зуб.

При фрезеруванні з наведеною подачею, параметр шорсткості поверхні дорівнює $R_a = 0,8 \dots 1,6$ мкм.

Визначимо швидкість різання v , що допускається ріжучими властивостями фрези за формулою:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m t^x S_z^y B^u z^p} K_v, \quad (6.3)$$

Де C_v - коефіцієнт, який характеризує матеріал, що обробляється і умови обробки;

T - період стійкості фрези, хв.;

t - глибина різання, мм;

S_z - подача на зуб, мм/зуб;

B - ширина фрезерування, мм;

z - кількість зубів фрези;

x, y, q, u, p - показники ступеня;

K_v - загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, який враховує фактичні умови різання.

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання розраховуємо за формулою:

$$K_v = K_{mv} K_{pv} K_{nv} \quad (6.4)$$

Де K_{mv} - коефіцієнт, який враховує якість оброблюваного матеріалу, $K_{mv} = 0,8$

K_{pv} - коефіцієнт, який враховує стан заготовки, $K_{pv} = 0,9$

K_{nv} - коефіцієнт, який враховує матеріал інструмента, $K_{nv} = 1,0$

Розраховуємо коефіцієнт:

$$K_v = K_{mv} K_{pv} K_{nv} = 0,8 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 0,72$$

Визначаємо коефіцієнт C_v і показники ступеня x, y, q, u, p , вони дорівнюють:

$$C_v = 68,5; q = 0,25; x = 0,3; y = 0,2; u = 0,1; p = 0,1; m = 0,2.$$

Тоді швидкість різання буде:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u Z^p} K_v = \frac{68,5 \cdot 125^{0,25}}{130^{0,2} \cdot 4^{0,3} \cdot 0,25^{0,2} \cdot 100^{0,1} \cdot 16^{0,1}} \cdot 2 = 26 \text{ м/хв.} \quad (6.5)$$

Потім визначаємо число обертів шпинделя n :

$$n = \frac{1000 v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 26}{3,14 \cdot 125} = 66,24 \frac{\text{об}}{\text{хв}} \quad (6.6)$$

Дане значення є мінімальним для здійснення процесу різання.

Далі коригуємо її по частоті шпинделя, що існують на верстаті Haas VF-1, на якому виконується фрезерування, тільки в меншу сторону та приймаємо як дійсне $n = 1200$ об/хв.

Далі визначаємо дійсну швидкість різання

$$v = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 1200}{1000} = 301,44 \text{ м/хв} \quad (6.7)$$

Розраховуємо головну складову сили різання P_z за формулою:

$$P_z = \frac{10 C_p t^x S_z^y B^n Z}{D^q n^w} K_{mp}, \quad (6.8)$$

Де C_p - коефіцієнт, який характеризує матеріал, що обробляється і умови обробки;

D - діаметр фрези, мм;

t - глибина різання, мм;

S_z - подача на зуб, мм/зуб;

B - ширина фрезерування, мм;

z - кількість зубів фрези;

x, y, q, n, w - показники ступеня;

K_{mp} - коефіцієнт, який враховує якість оброблюваного матеріалу, $K_{mp} = 2.75$;

n - частота обертання шпинделя, об/хв.

$$C_v = 22,6; q = 0,86; x = 0,86; y = 0,72; n = 1,0; w = 0.$$

Розрахуємо головну складову сили різання:

$$P_z = \frac{10 C_p t^x s_z^y B^n z}{D^q n^w} \cdot K_{mp} = \frac{10 \cdot 22,6 \cdot 4^{0,86} \cdot 0,25^{0,72} \cdot 100^{1,0} \cdot 3}{125^{0,86} \cdot 1200^0} \cdot 2,75 = 1294,72 \text{ Н.} \quad (6.9)$$

При фрезеруванні алюмінієвого сплаву необхідно застосувати коефіцієнт 0,25, тому сила різання дорівнює:

$$P_z = 1294,72 \cdot 0,25 = 323,68 \text{ Н.}$$

Визначимо крутний момент, який діє на шпиндель станка при торцевому фрезеруванні за формулою:

$$M_{кр} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100} \text{ (кВт)} \quad (6.10)$$

Де P_z - головну складову сили різання, Н;

D - діаметр фрези, мм.

$$M_{кр} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100} = \frac{323,68 \cdot 125}{2 \cdot 100} = 202,3 \text{ Нм.}$$

Визначимо потужність різання N_e , яка необхідна для виконання обробки на режимах різання, які були розраховані, за формулою:

$$N_e = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} \text{ (кВт)} \quad (6.11)$$

Де v - швидкість різання, м/хв;

P_z - головна складова сили різання, Н;

Визначимо потужність різання:

$$N_e = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60} = \frac{1294,72 \cdot 301,44}{1020 \cdot 60} = 6,38 \text{ кВт.}$$

З урахуванням коефіцієнту корисної дії η визначимо необхідну потужність приводу верстата:

$$N_p = \frac{N_e}{\eta} = \frac{6,38}{0,8} = 7,975 \text{ кВт.} \quad (6.12)$$

Якщо $N_p \leq N_{ст}$, то розраховані режими різання відповідають можливостям верстака, який використовується.

Розрахуємо час обробки, якщо деталь фрезерується на прохід, для цього необхідно знати довжину робочого ходу, що визначаємо за формулою:

$$l_o = l_1 + l_d + l_2 \quad (6.13)$$

Де l_o – довжина робочого ходу, мм;

l_d - довжина оброблюваної поверхні в напрямку обробки, мм;

l_1 - довжина врізання, мм;

l_2 - перебіг ріжучого інструмента після обробки поверхні, мм.

$$l_1 = l_2 = R_\phi + 1 \quad (6.14)$$

Де R_ϕ - радіус фрези.

Тоді

$$l_o = l_1 + l_d + l_2 = 40 + 1 + 250 + 40 + 1 = 332 \text{ мм.}$$

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Справочник по композиционным материалам. В двух томах. Под редакцией Дж.Любина. М., "Машиностроение"
2. Дисковые пилы с неравномерным шагом [Текст]: монография/ П.Р. Родин, Н.С. Равская, А.Е. Бабенко, О.А. Боронко. – К. : НТУУ “КПИ”, 2008. – 216 с.
3. KATALOG Werkzeuge zur Bearbeitung von Compositematerialien, 2015
4. Сталь марки 40X [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: http://metallischekiy-portal.ru/marki_metallov/stk/40X
5. Сталь 40X [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://stankiexpert.ru/spravochnik/materialovedenie/stal-40h.html>
6. Режущий инструмент для алюминия [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://aluminium-guide.ru/rezhushhiinstrument-alyuminiya/>.
7. Углы заточки и их назначение [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://delta-grup.ru/bibliot/11/8.htm>
8. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2/Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. 496 с., ил.
9. 3A228 характеристики станка [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://mashinform.ru/shlifovalnyestanki/32/3a228.shtml>
10. Плоское шлифование периферией круга [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://www.alexandertd.com/sites/default/files/materials>
11. Loroach D-59609 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.kompany.at/a/de/2011-01-04>
12. Технологии Обработки Металлов Определение основного (технологического) времени [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://tehnologija-obrabotki-metallov.ru/opredelenie-osnovnogotehnologicheskogo-vremeni.html>

13. **Бобров В.Ф.** Влияние угла наклона главной режущей кромки инструмента на процесс резания металлов. М.: Машгиз, 1962. 152 с.
14. **Кожевников Д.В.** Некоторые вопросы механики процесса косоугольного резания стали // Изв. вузов. Машиностроение. 1960. №6. С. 139-148.
15. **Резников А.Н., Резников Л.А.** Тепловые процессы в технологических системах. М.: Машиностроение, 1990. 288 с.
16. **Коновалов Е.Г., Сидоренко В.А., Соусь А.В.** Прогрессивные схемы ротационного резания металлов. Минск: Наука и техника, 1972. 269 с.
17. Равская Н. С. Особенности проектирования и изготовления дисковых отрезных пил с неравномерным шагом / Н. С. Равская, Р. Лорех // Прогресивна техніка і технологія машинобудування, приладобудування і зварювального виробництва: міжнар. наук.-техн. конф., присвячена 100-річчю механіко-машинобудівної 50-річчю зварювального факультетів: статті.– К., 1998. – Т. 1. – С. 360–364.
18. Техническое нормирование операций механической обработки деталей: Учебное пособие. Компьютерная версия. — 2-е изд., перер. /И.М. Морозов, И.И. Гузеев, С.А. Фадюшин. — Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2005. — 65 с.
19. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, обслуживания рабочего места и подготовительнозаключительного на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Среднесерийное и крупносерийное производство. — М.: НИИТруда, 1984. — 382 с
20. Конструкции с заполнителем/ В.Ф. Панин, Ю.А. Гладков. — М.: Машиностроение, 1991. 286 с., ил.
21. Металлорежущие станки/ Н.С. Колев, Л.В. Красниченко, Н.С. Никулин, А.С. Проников, В.К. Тепинкичиев, А.А. Тихонов, Ю.А. Шувалов. Под ред. В.К. Тепинкичиева — М.: Машиностроение, 1973.

22. Розрахунок пружин розтягу/ pruzhin.ru/calc-extension

ДОДАТКИ

Тези до конференції «Іновації молоді в машинобудуванні 2020»

З метою зниження ваги виробів в інженерній промисловості все більшого поширення набувають композитні матеріали. Одним із їх різновидів є сандвіч-панелі. Цей вид композитних матеріалів, дає змогу суттєво зменшити вагу конструкції забезпечуючи водночас її високу міцність. Такі панелі складаються з трьох основних компонентів: 2-х листів, серцевини та стиків.

Як правило, серцевина представляє сотову конструкцію з низькою щільністю. Це найважливіша частина сандвіч-панелі. Головним завданням серцевини є забезпечення міцності і твердості матеріалу. Такі конструкції володіють високою стійкістю до навантажень на згин та стискання. саме завдяки низькій щільності матеріалу досягається значне зниження ваги.

Як правило, серцевину виготовляють у вигляді шестикутних комірок, які повністю ідентичні одна одній. Дана структура виробляється з анізотропного матеріалу і розташовується між двома гранями. Таким чином виконується максимально раціональне відношення маси до міцності майбутнього виробу. Вперше широкого застосування сандвіч-панелей набули в космічній промисловості. Сьогодні такий матеріал використовують у галузях авіа- та суднобудування і навіть в будівельній галузі.

В залежності від призначення існує декілька методів виготовлення сотових панелей. Перший спосіб представляє собою склеювання листів комбінованого матеріалу між собою. Ця технологія дозволяє створювати сандвіч-панелі з тонкостінними сотами. Товщина стінки соти складає близько 1-2 мм.

Наступний метод використовується, якщо товщина стіни соти складає більше 5 мм. Такі панелі можна виготовляти на фрезерному верстаті. В цьому випадку більша частина металу перетворюється на стружку, тому такий спосіб виготовлення є низькопродуктивним та матеріалозатратним.

Технологія виготовлення сандвіч-панелей дозволяє комбінувати різні матеріали складових панелей, щоб досягати кращої якості та вищої міцності не змінюючи при цьому габарити виробу.

На сьогодні матеріали обробляються фрези з різнонаправленим та звичайним розташуванням зубів. Незважаючи на високу продуктивність такої обробки, даний метод потребує додаткових пристосувань.

Така потреба виникає у наслідок схильності сотових заповнювачів зминатися в процесі оброблення, що значно погіршує подальше з'єднання заповнювача з листами.

Ще однією важливою проблемою є нерівномірна шорсткість яка утворюється в наслідок високої пластичності елементів сотової конструкції в поперечному

напрямку. Це впливає головним чином на якість з'єднання елементів сандвіч-панелі між собою.

Так для отримання необхідної геометрії, стінки сот стискають одна з одною для здійснення механічної обробки, а потім знову витягують до початкового стану. Ще один метод, який забезпечує стабільність процесу різання полягає в заповненні сот воском. Після механічної обробки віск видаляється за рахунок нагрівання.

Для уникнення додаткових витрат в процесі виробництва була розроблена конструкція модульного інструменту, який дозволяє здійснювати оброблення сотових конструкцій без використання додаткових пристосувань. Такий інструмент дозволяє досягнути вищої якості оброблення ніж існуючий на сьогодні.

Спираючись на наукову літерату та каталоги виробників була обрана наступна конфігурація.

В цілому інструмент складається з дискової відрізного елементу, який виконує роль відділення основного матеріалу від матеріалу, що видаляється та стружколаму, який дозволяє подрібнити відділений матеріал на стружку.

Німецький виробник інструменту "Neuhäuser" використовує схожу конструкцію інструменту, однак такий інструмент складний у виготовленні, що значно збільшує його вартість. Даний інструмент має велику кількість горизонтально розташованих зубів. В результаті їх зношення, переточування є досить складним процесом.

Ще одим недоліком такого інструменту є складна конструкція стружколаму. Переточити такий інструмент практично неможливо.

Геометрія фрези абсолютно відмінна від традиційних. Процес фрезерування нагадує більше гільйотинне різання. Принцип гільйотинного різання дозволяє обробляти сотові панелі без використання заповнювача в процесі обробки та уникнути змін в геометрії сот. Такий спосіб дозволить суттєво зменшити витрати на виготовлення і таким чином вартість кінцевого продукту.

Дисковий різальний елемент має формою подібною до трикутника з закругленими вершинами та дугоподібними ребрами. Така геометрія дозволяє здійснювати відсікання стінок сот не загинаючи їх країв. Роль зубів в процесі різання відіграють закруглені вершини трикутника, так як вони виконують операцію прорубання матеріалу, тобто відрив знімального шару сотового заповнювача від основного. За рахунок різальних кромок на ребрах трикутника відбувається різання відділеного шару матеріалу.

В якості стружколаму застосовується трьохстороння дискова фреза встановлена під кутом до осі інструменту. Різальні кромки стружколаму виготовляються з

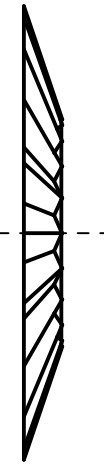
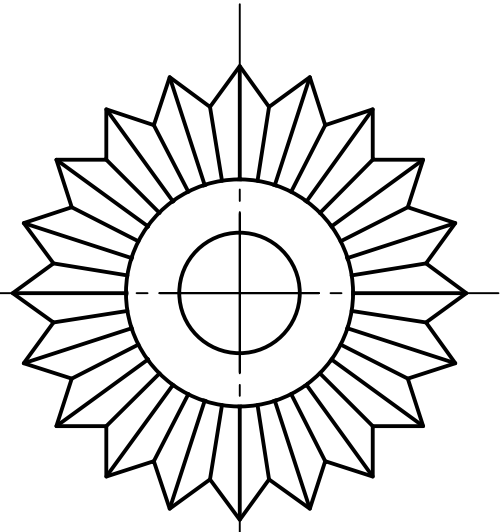
твердого сплаву марки ВК8. Так як головним завданням цієї складової інструменту є подрібнення відділеного матеріалу, обраний матеріал різальних кромок дозволяє забезпечити довготривалу роботу інструменту без переточування. В разі необхідності цей елемент легко переточувати, що забезпечує багаторазове використання такого інструменту.

Такий модульний інструмент дозволяє обробляти як плоскі так і криволінійні поверхні. Це дає змогу значно збільшити спектр виконуваних робіт та зменшити кількість необхідного інструменту для оброблення тої чи іншої деталі.

Аналіз конструкції інструменту для оброблення алюмінієвих сот

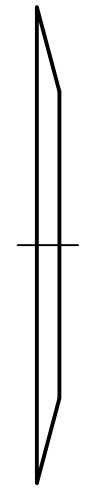
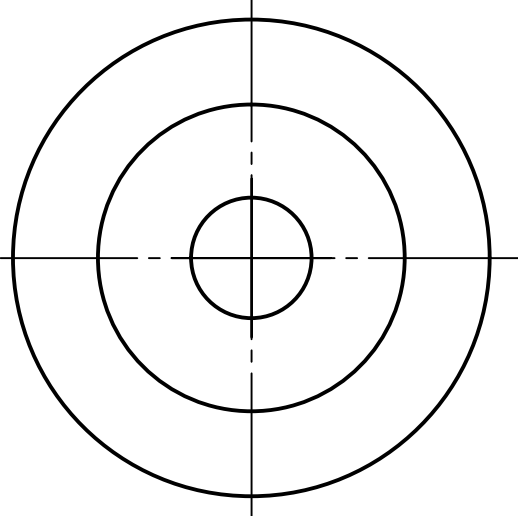
I – Різальна кромка

Фреза з горизонтально розташованими "пірамідальними" зубами



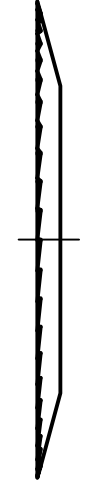
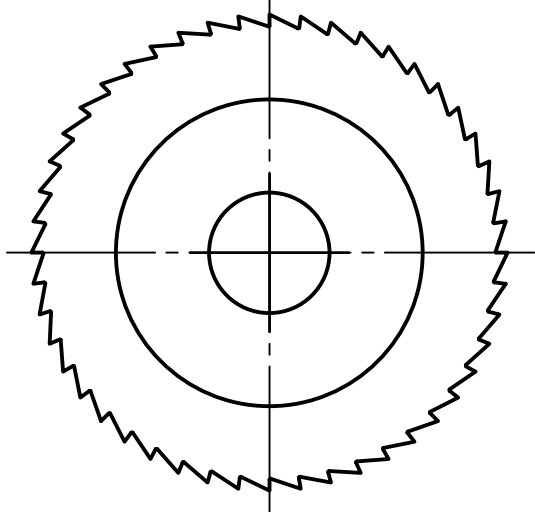
- Переваги:
- економія різального матеріалу
 - нова ефективна конструкція
 - висока продуктивність
- Недоліки:
- складність виготовлення
 - необхідність у специфічному пристосуванні для переточування

Диск з постійною різальною кромкою



- Переваги:
- простота виготовлення
- Недоліки:
- невисока ефективність процесу різання
 - відносно велике використання різального матеріалу
 - застаріла конструкція

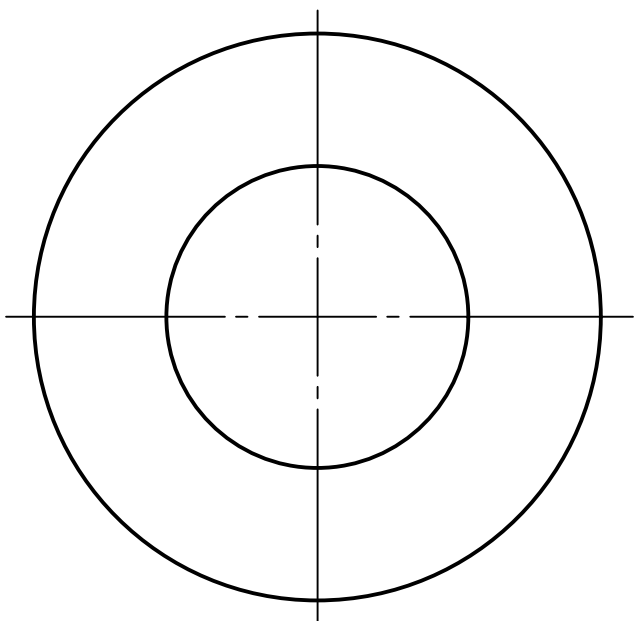
Дискова фреза з горизонтально розташованим зубом



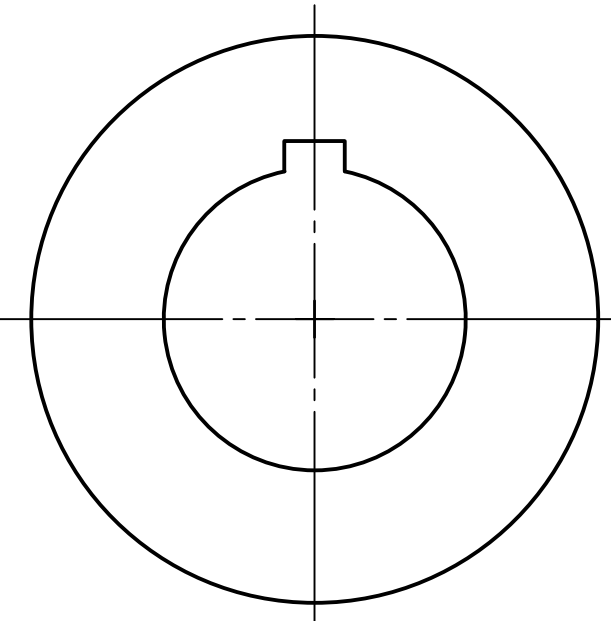
- Переваги:
- висока продуктивність
 - простота виготовлення
- Недоліки:
- відносно велике використання різального матеріалу
 - складність переточування

III – Центровий отвір

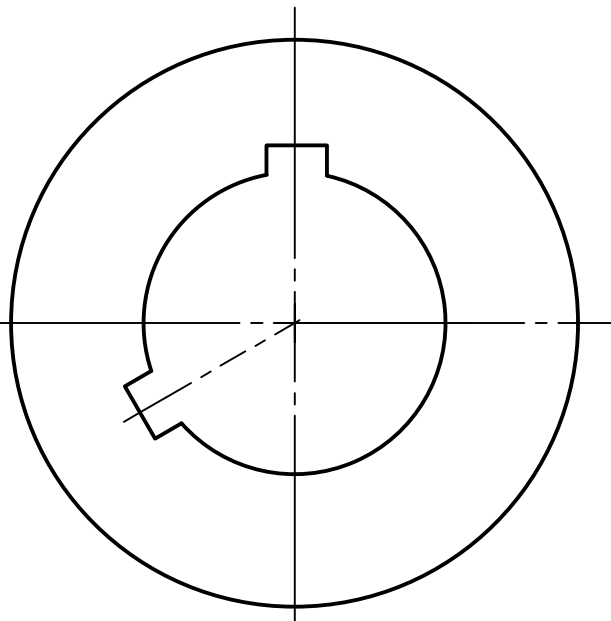
Гладкий центровий отвір



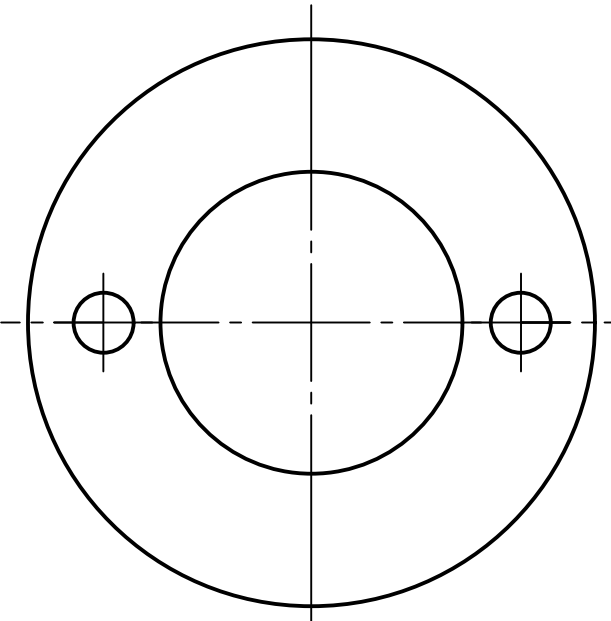
Центровий отвір з шпонковим пазом



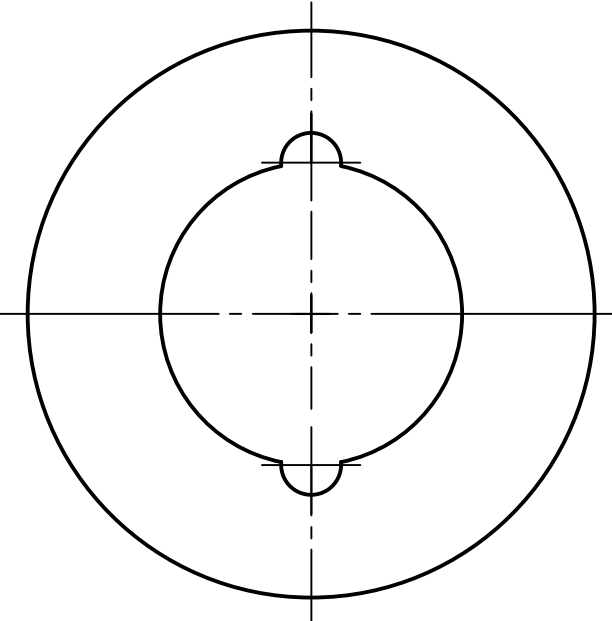
Центровий отвір з двома шпонковими пазами



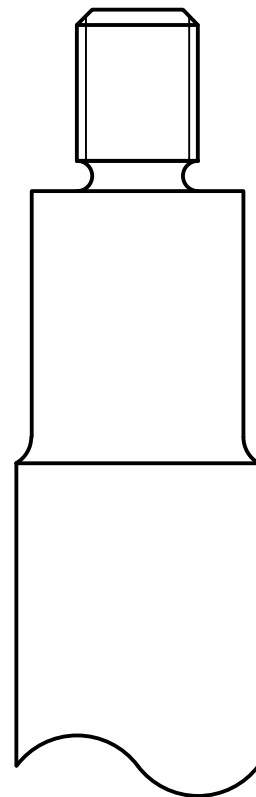
Центровий отвір з напрямним пазом та додатковими отворами



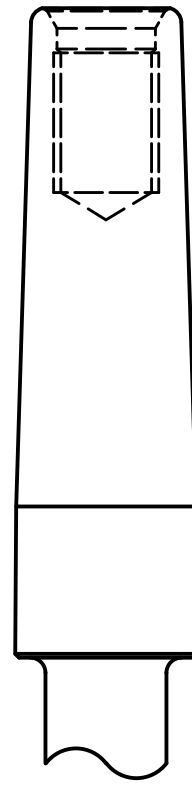
Центровий отвір з двома сегментними шпонковими пазами



IV – Кінцевик

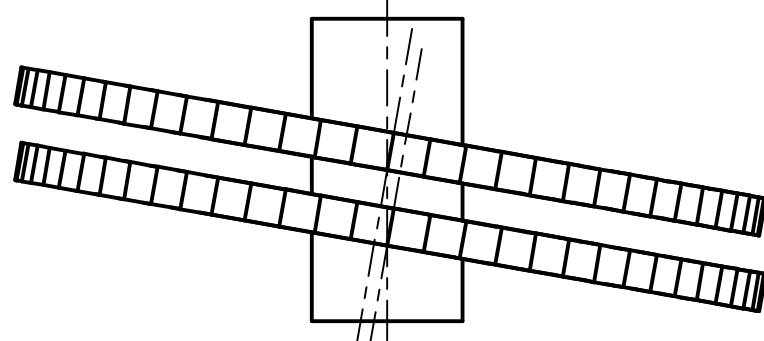


- Переваги:
- простота виготовлення
 - менші розміри в порівнянні з конусами Морзе
- Недоліки:
- заклинювання в патроні
 - низька точність базування в патроні

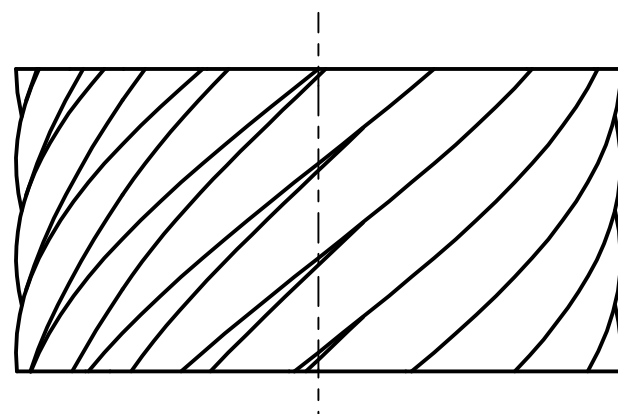


- Переваги:
- швидке знімання та встановлення інструмента
 - висока точність базування в шпинделі
- Недоліки:
- мала площа осьового контакту
 - досить велика довжина

II – Стружколам



- Переваги:
- економія різального інструменту
 - можливість використовувати стружколами з різною конфігурацією зубів
 - легкість у переточуванні
- Недоліки:
- Можливість оброблення деталі тільки під певним кутом
 - складність у виготовленні державки та посадкових отворів різального елемента



- Переваги:
- висока ефективність та продуктивність різання
 - можливість працювати під різними кутами нахилу інструменту
 - простота встановлення
- Недоліки:
- велике використання різального матеріалу
 - складність у переточуванні

				ДПБ МІ-61-1.12.02.001			
				Порівняльний лист			
				Лист	Маса	Масштаб	
				Лист	Листов	1	
				НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського"			
				Формат А1			

$R40^{+0,025}$

$R80^{+0,03}$

$R60^{+0,03}$

117

E

E

H

3

2

1

G-G (1,5 : 1)

24,8 H7

6,19 / JS9

$120^{\circ} \pm 2^{\circ}$

$60^{\circ} \pm 2^{\circ}$

$\varnothing 17^{+0,018}$

$\varnothing 15^{+0,018}$

H (3 : 1)

$0,5 \times 45^{\circ}$

27,39 $\pm 0,021$

$6,45^{+0,015}$

M12x0,75

0,04 A

E-E (1,5 : 1)

167 $\pm 0,04$

$4,0^{+0,025}$

$4,6^{+0,025}$

$3^{+0,01}$

M30x0,5 6g/6H

1,5 $\pm 0,01$

$5^{+0,012}$

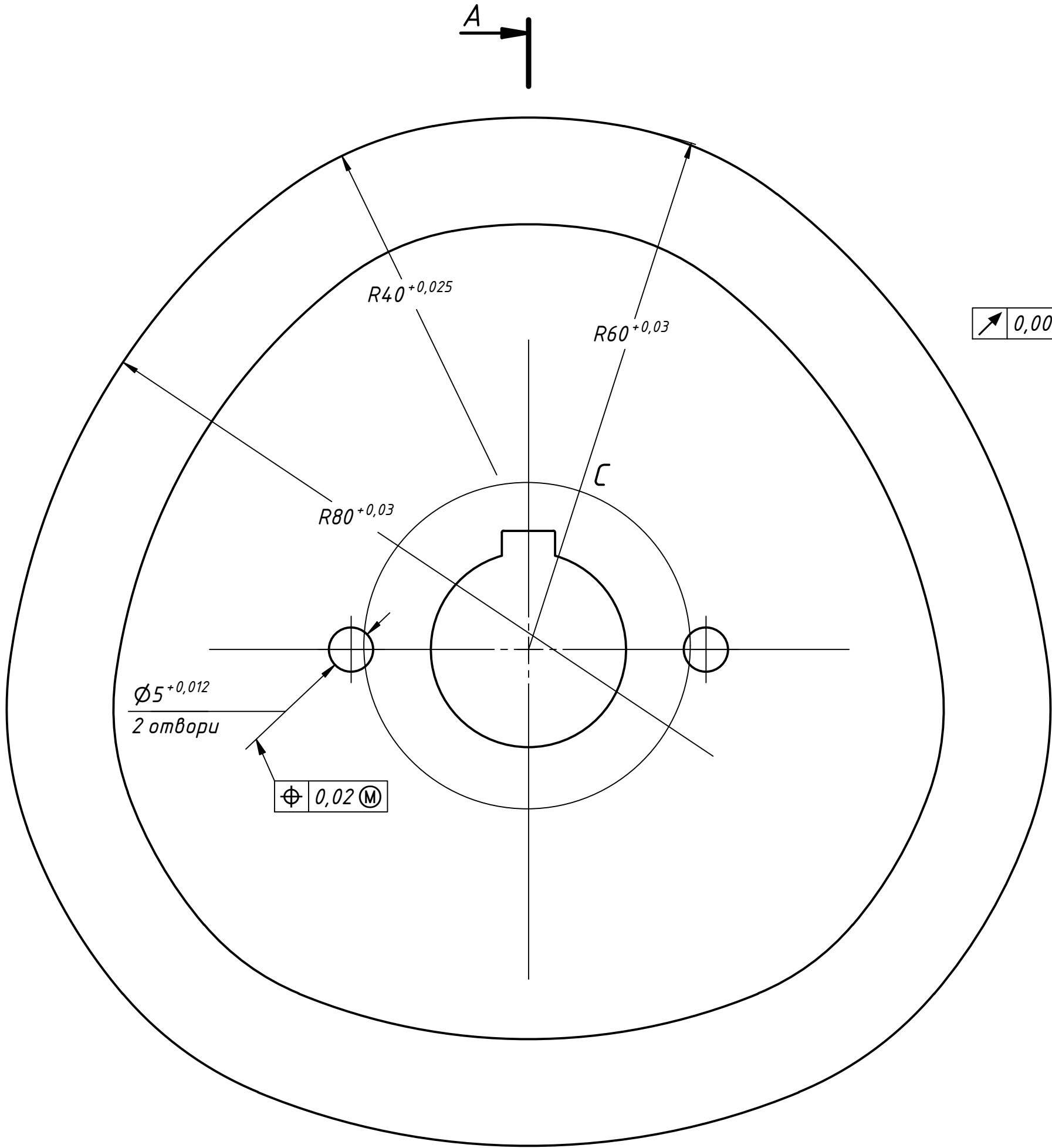
G

G

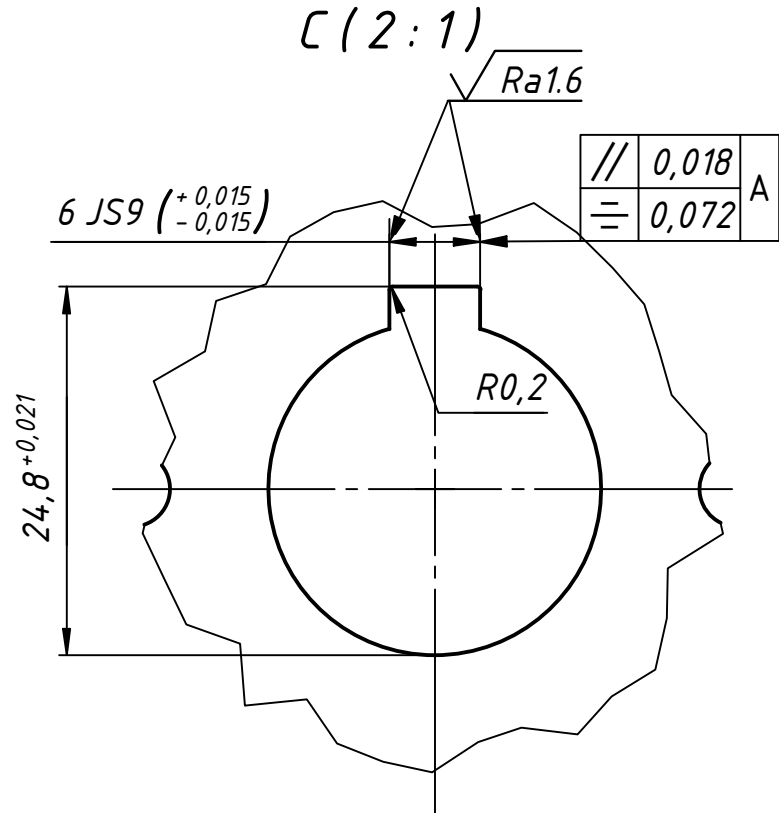
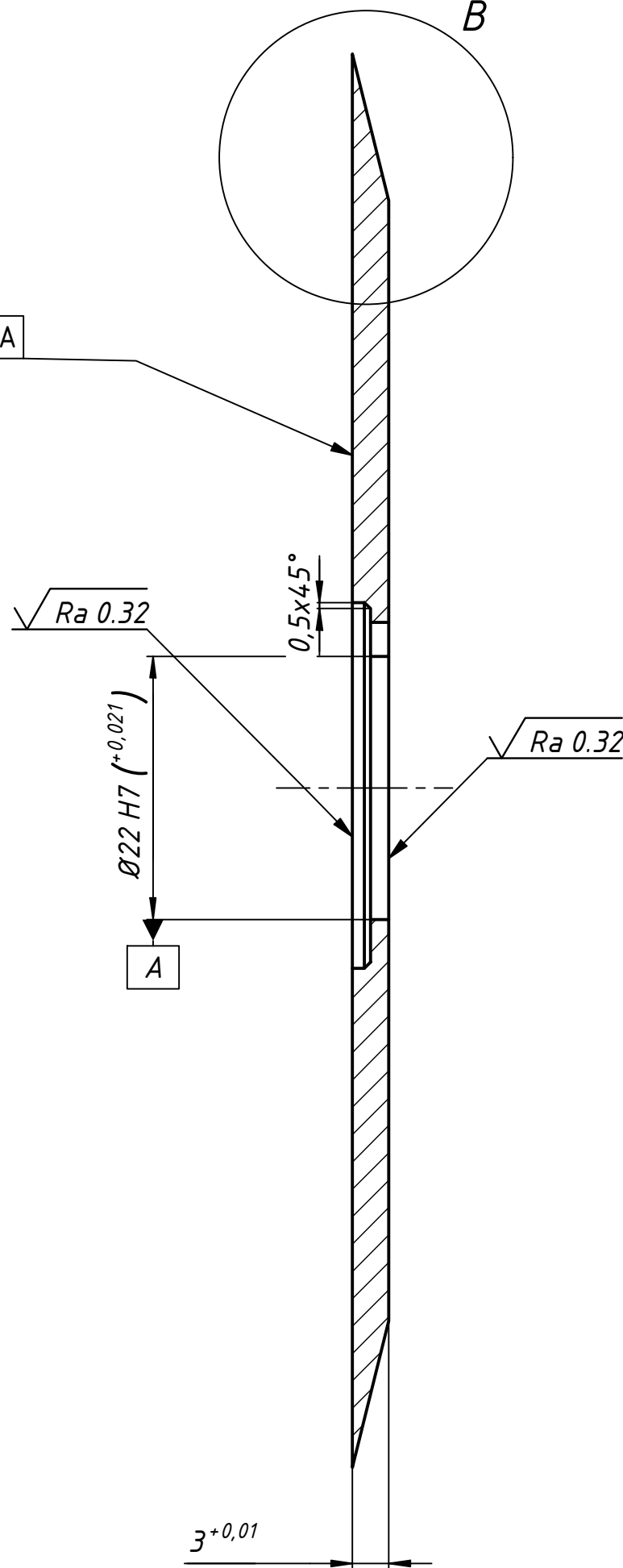
1. Деталі перед складанням повинні бути очищеними та промитими.
2. Всі елементи інструмента повинні бути надійно закріплені.
3. При складанні інструменту не допускається застосування додаткових прокладок, що не передбачені робочим кресленням, а також наліпок, фарби, лаку та інших методів нарощення або штучного зниження розмірів деталей.
4. В зазори нерухомих роз'ємних елементів не повинен проходити щуп товщиною 0,04 мм.

				ДПБ МІ-61-1.12.03.004		
				Інструмент для оброблення алюмінієвих сот		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	Масса
Разраб.	Ширшов О.Р.			09.08.2020		0,2
Пров.	Глоба О.В.					1,5 : 1
Т. контр.					Лист	Листов
Нач.отд.					1	
Н. контр.					НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського"	
Змб.					Формат А1	

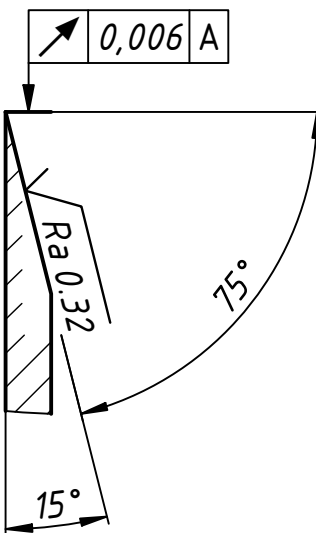
Перв. примен.	
Спраб. №	
Подп. и дата	
Инв. №	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	



0,006 A



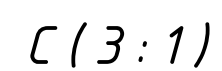
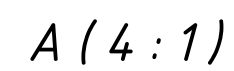
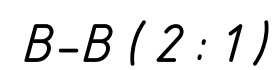
B (2:1)



- Твердість: 45..48 HRC
- ДСТУ ISO 2768mK
- Маркувати: логотип підприємства, зовнішній діаметр, ширину відрізання, рекомендовані режими різання
- Невказані кутові відхилення ±2°
- Невказані радіуси закруглення 0,5 мм

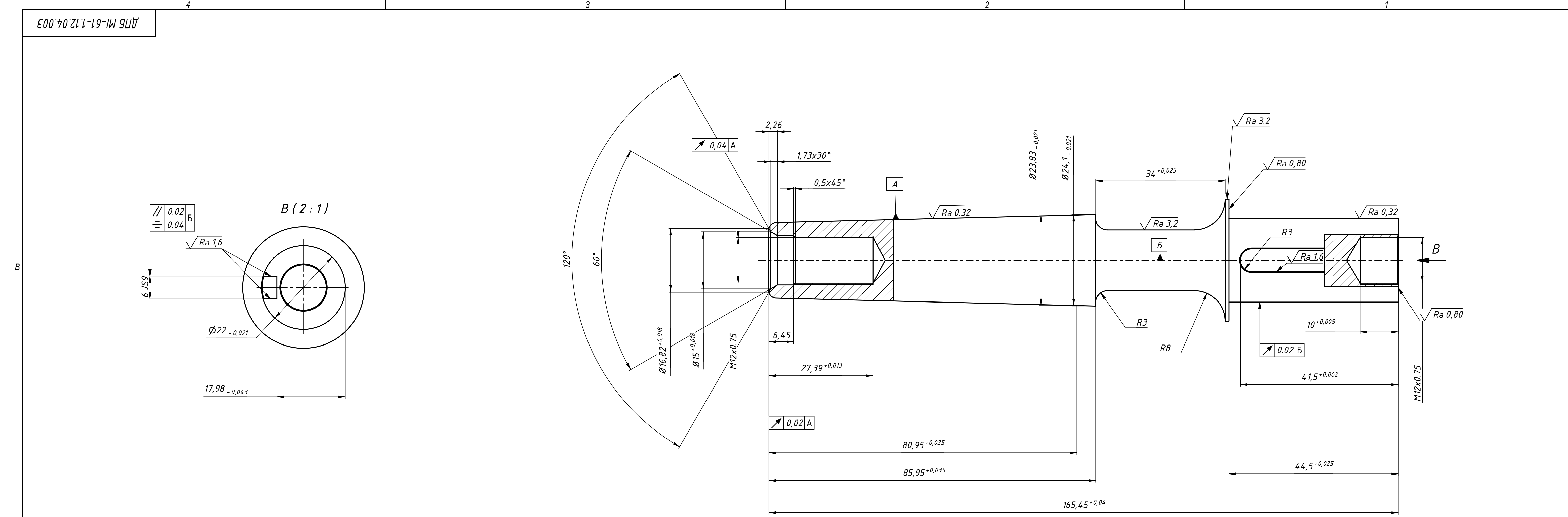
					ДПБ МІ-61-1.02.12.001				
					Дисковий різальний елемент	Лист.		Маса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				0,0	2 : 1
Разраб.		Ширшов О.Р.		14.05.2020					
Пров.		Глоба О.В.							
Т. контр.						Лист	Листов 1		
Нач.отд.					Сталь Р6М5	НТУУ“КПІ імені Ігоря Сікорського”			
Н. контр.									
Утв.									

B



- A**

A



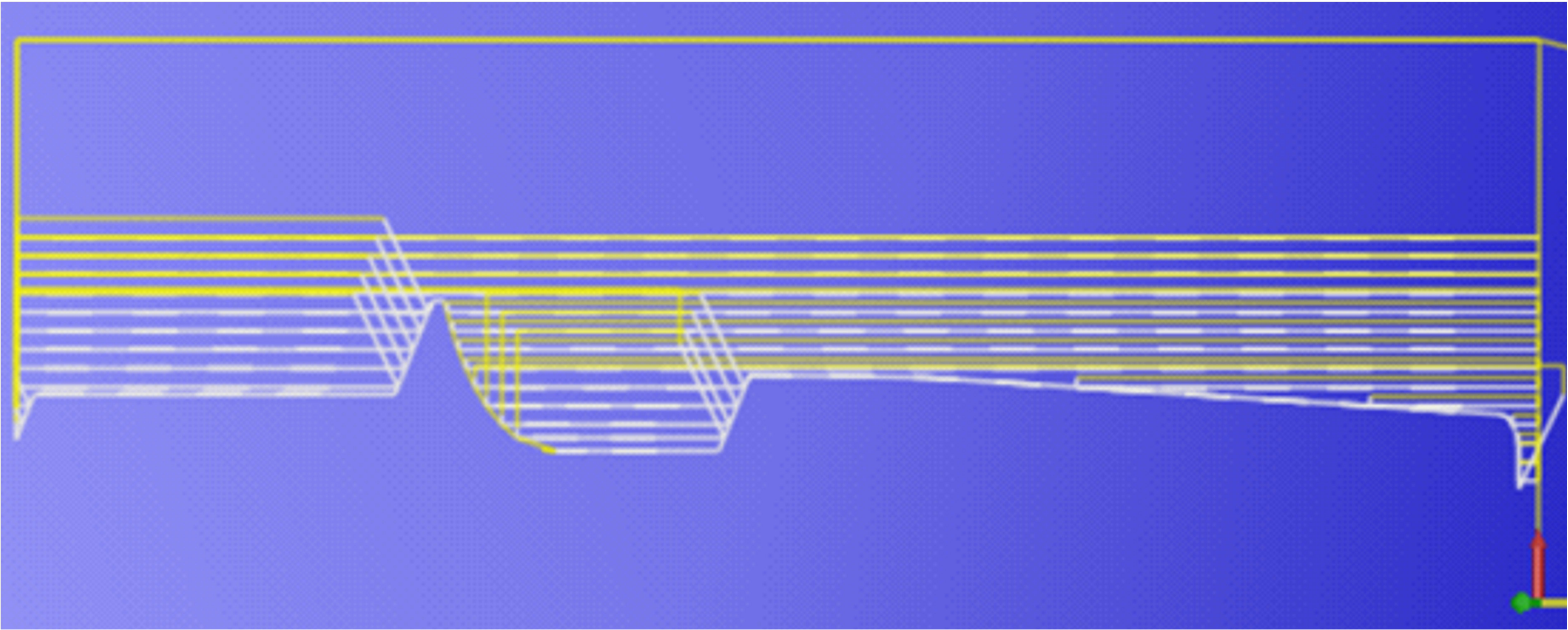
Керуюча прогрвама для токарно-фрезерного верстата з ЧПК HAAS ST-25Y

Початок керуючої програми

Кінець керуючої програми

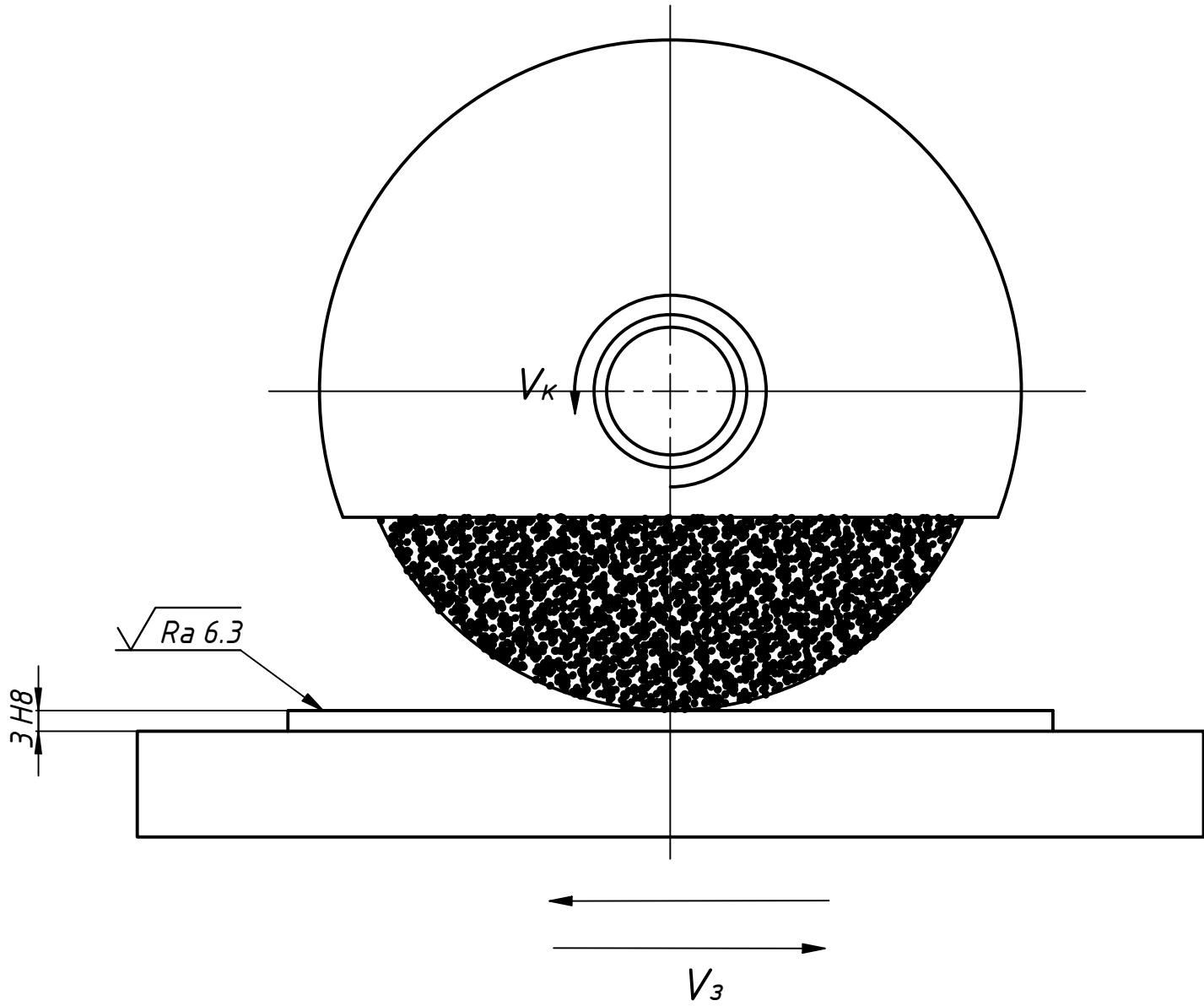
O1001
N10 G98 G18
N11 G21
N12 G50 S6000
N13 M31
N14 G53 G0 X0.
N15 T100
N16 G99
N17 M21
N18 G97 S485 M3
N19 G54
N20 M8
N21 G0 X60. Z0.
N22 G50 S6000
N23 G96 S91 M3
N24 G0 Z-170.066
N25 X39.857
N26 G1 X39. F0.127

N542 G0 X19.201
N543 G1 X17.401 F0.127
N544 X19.201 Z-169.311
N545 X20.71 Z-170.066
N546 G0 X60.
N547 Z0.
N548 G97 S485 M3
N549 M9
N550 M33
N551 G53 X0.
N552 G53 Z0.
N553 M30
%



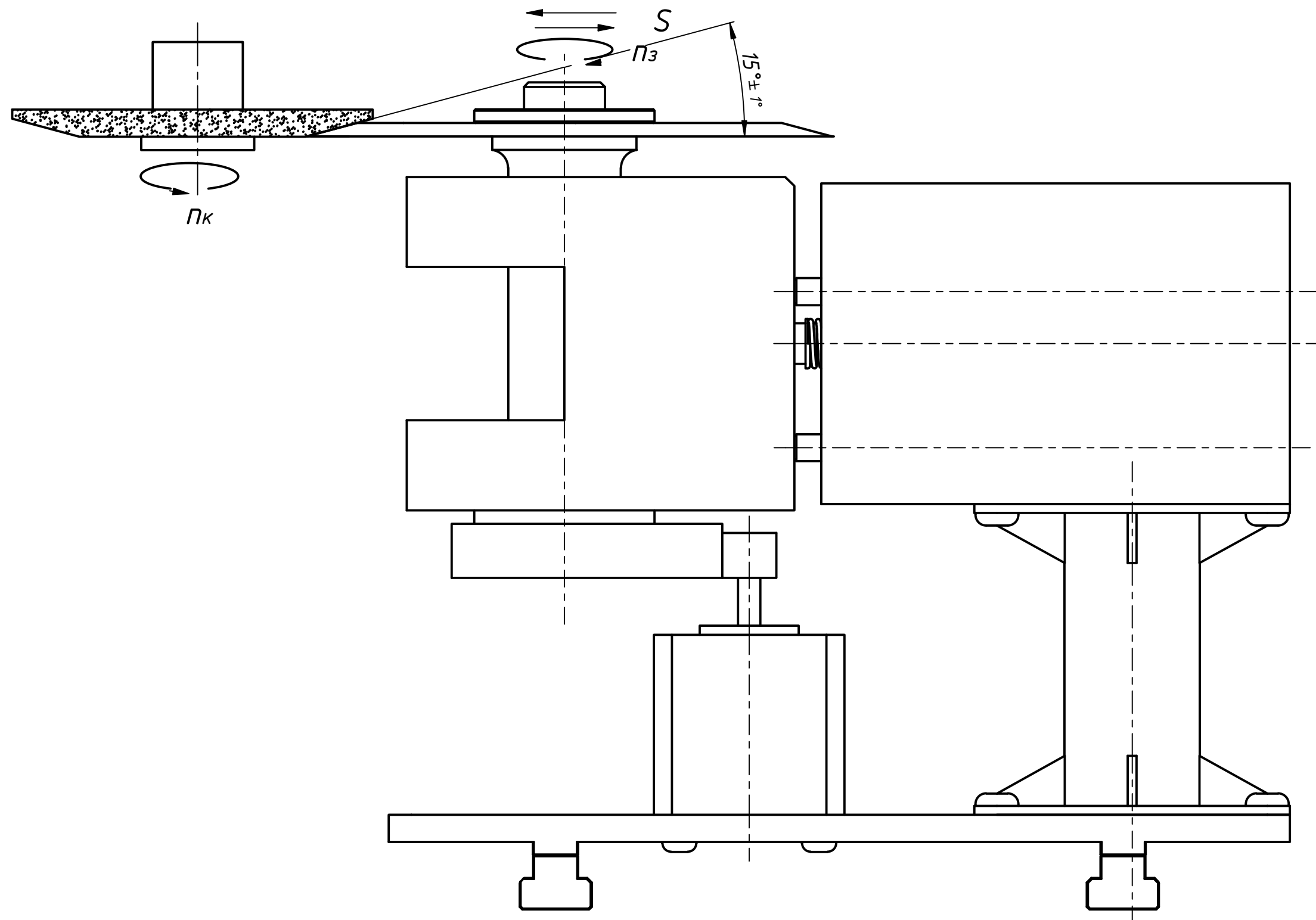
					ДПБ МІ-61-1.12.04.003				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Державка	Лист		Масса	Масштаб
								0,4	2 : 1
Разраб.				11.06.2020	Сталь 40Х	Лист		Листов	1
Пров.				НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського"					
Т. контр.									
Нач. отд.									
Утв.									

ДПБ МІ-61-1.12.04.001



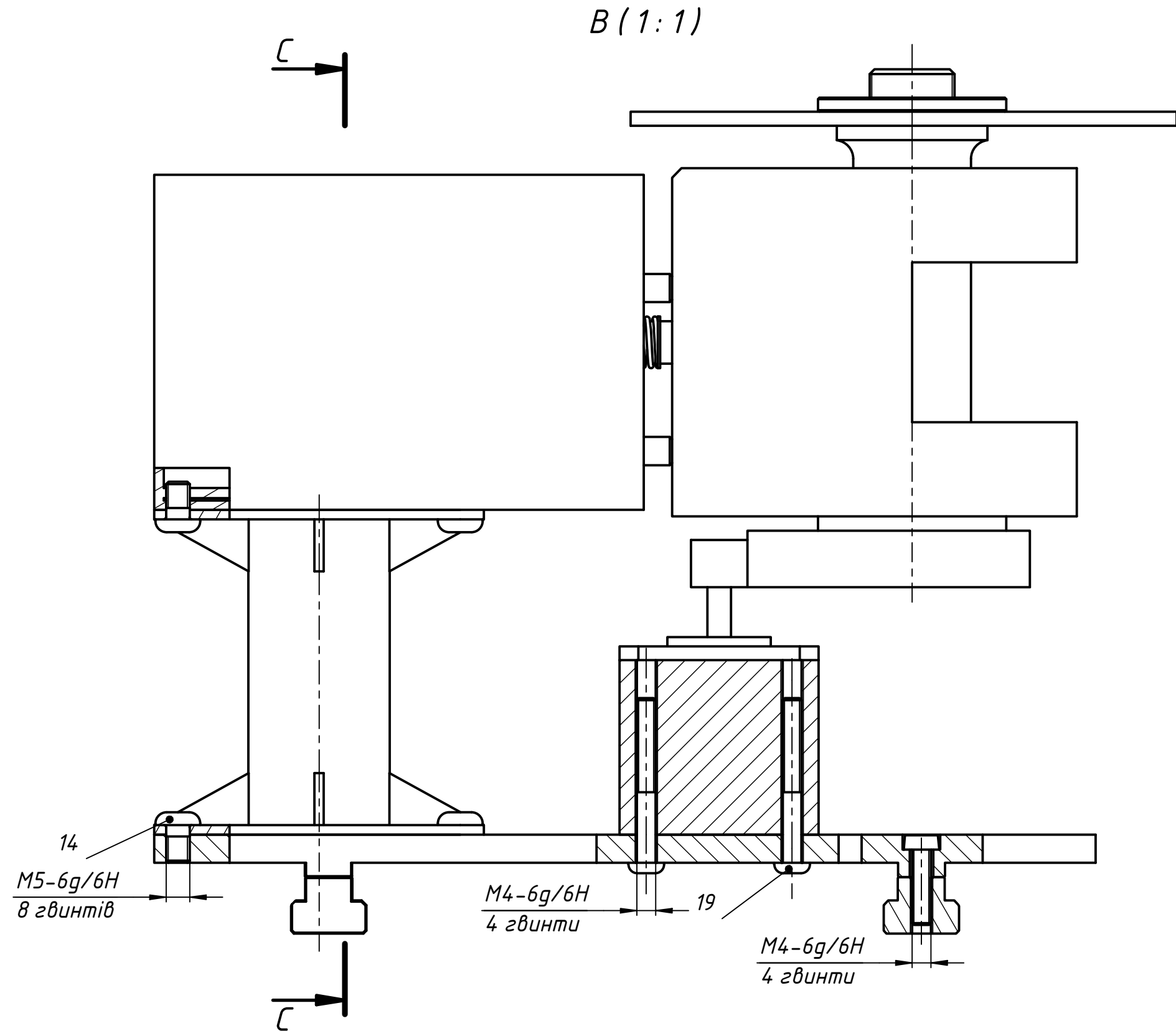
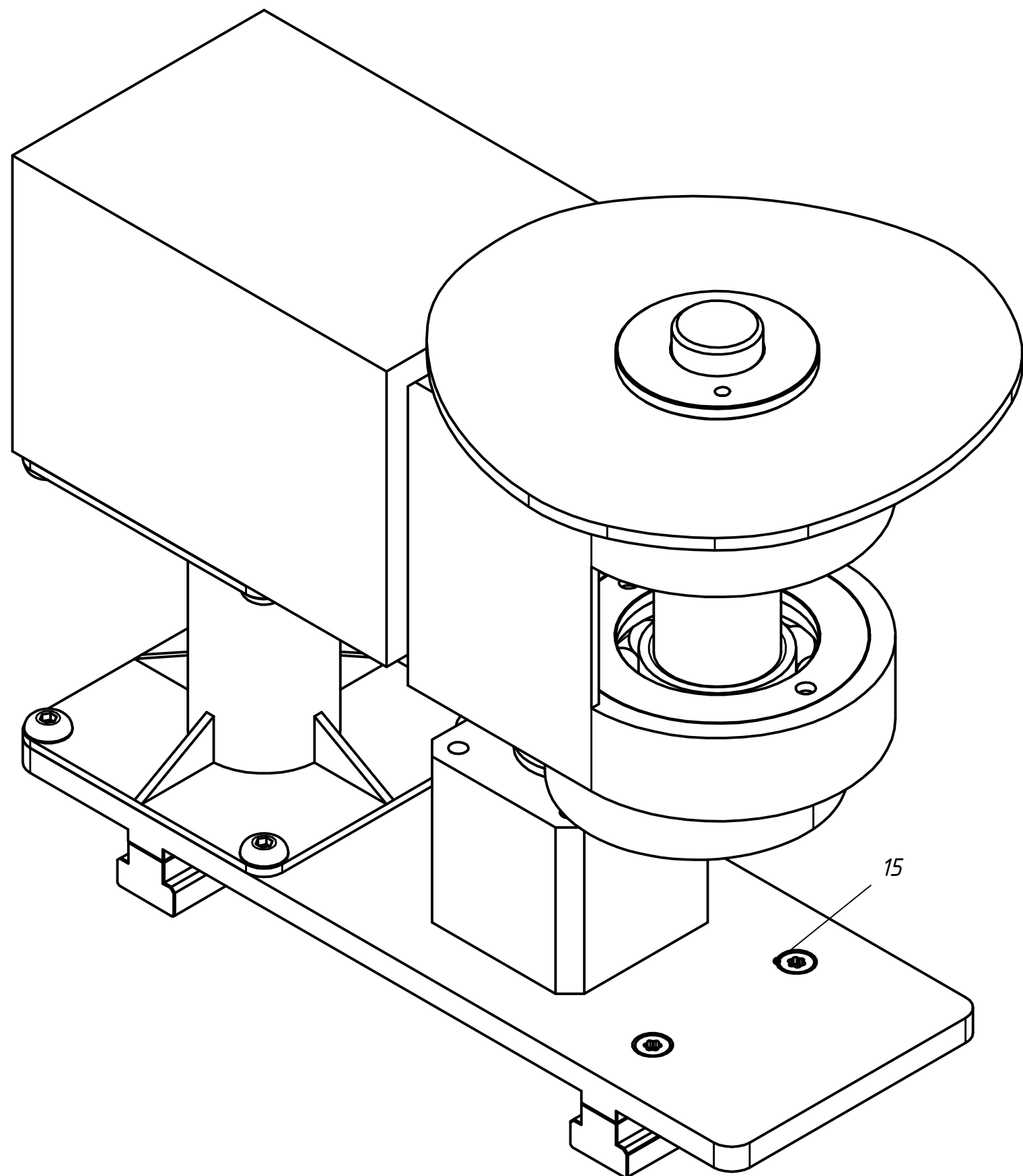
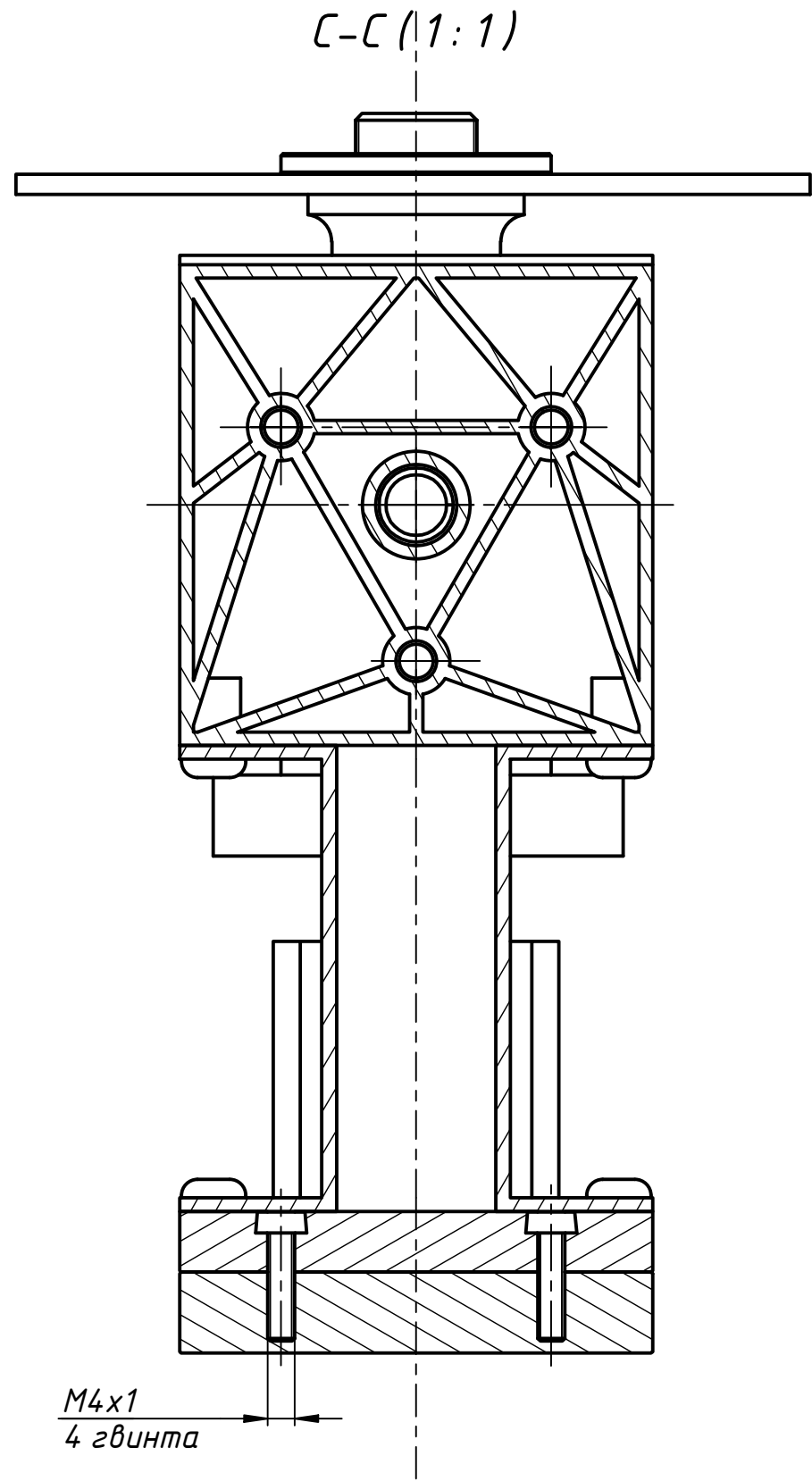
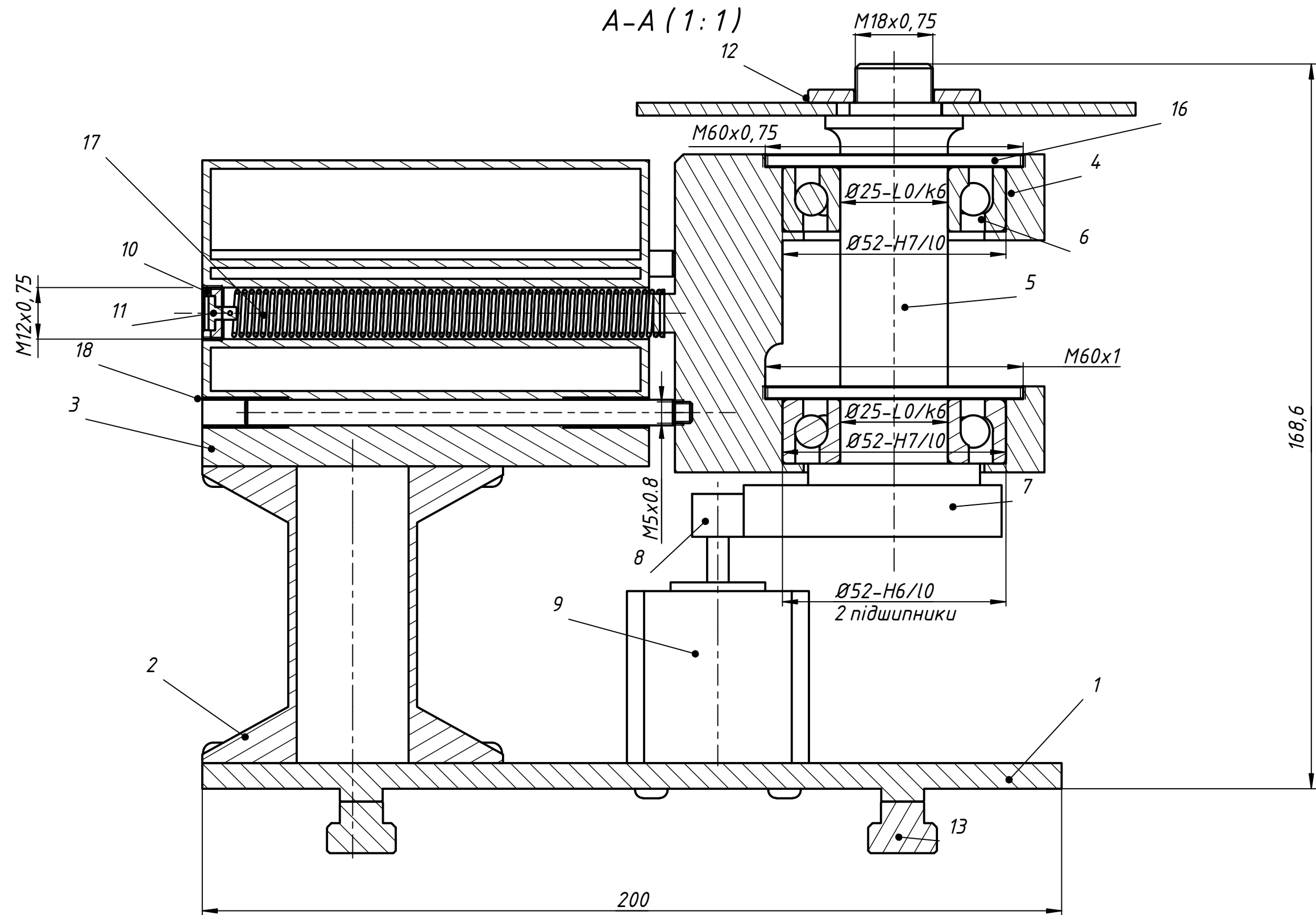
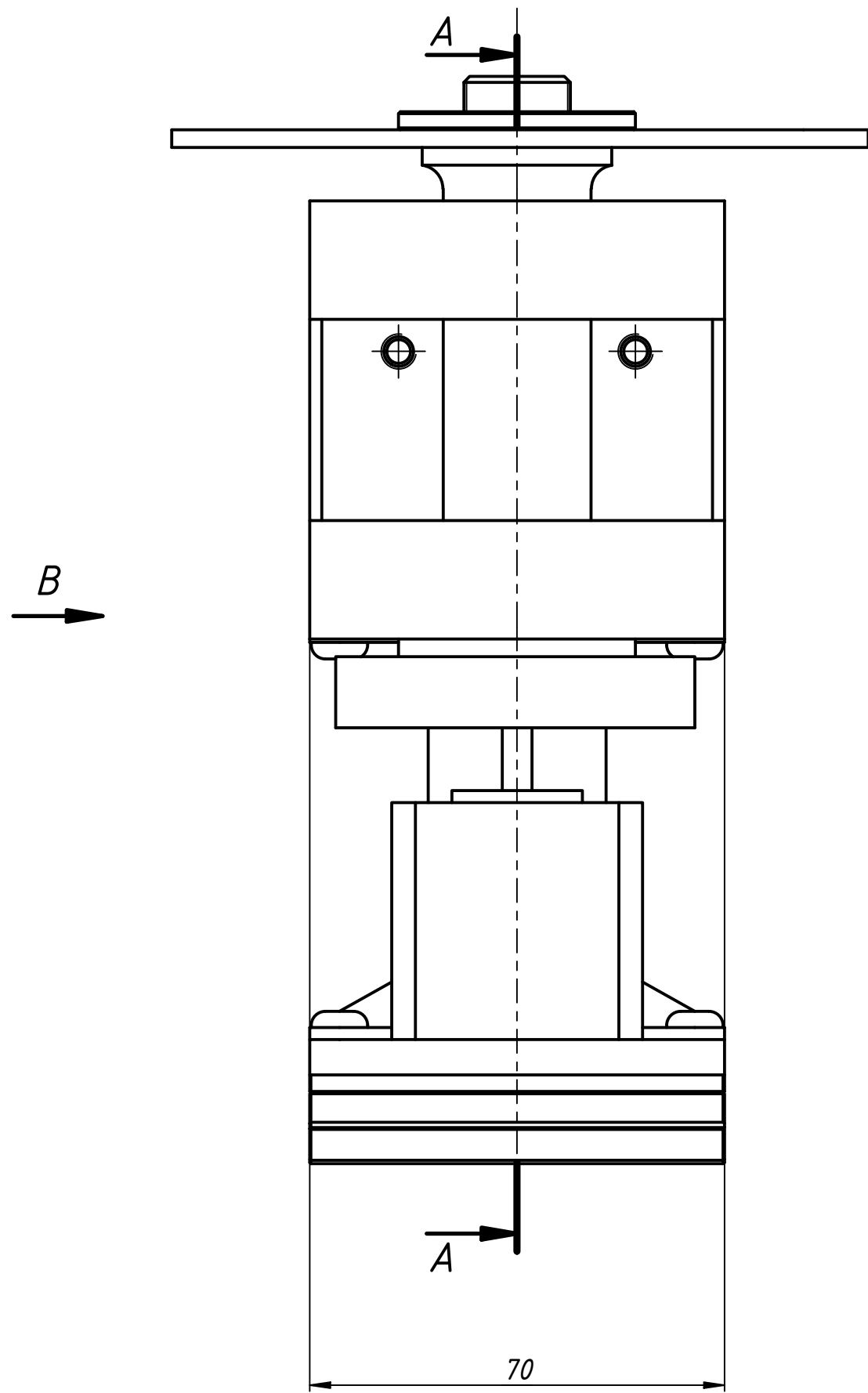
Глибина	Швидкість заготовки	Швидкість круга	Подача	Потужність	Основний час						ДПБ МІ-61-1.12.04.001					
t	Vз, м/хв	Vк, м/с	S, мм/об	Ne, кВт	To, хв.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Операція проскошліфувальна	Лит.			Масса	Масштаб
0,15	15	35	10	1,14	3,14	Разраб.		Ширшов О.Р.		09.06.2020						
						Пров.										
						Т. контр.						Лист			Листов	1
						Нач.отд.					Р6М5	НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського"				
						Н. контр.										
						Утв.										

007-12.04.004-61-MI 0707



<i>Глибина</i>	<i>Швидкість заготовки</i>	<i>Швидкість круга</i>	<i>Подача</i>	<i>Потужність</i>	<i>Основний час</i>
<i>t</i>	<i>V_з, м/хв</i>	<i>V_к, м/с</i>	<i>S, мм/об</i>	<i>Ne, кВт</i>	<i>To, хв.</i>
<i>0,01</i>	<i>6</i>	<i>20</i>	<i>0,03</i>	<i>0,19</i>	<i>0,61</i>

					ДПБ МІ-61-1.12.04.004				
					Операція заточування	Лист.		Маса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата				1,1	
Разраб.	Ширшов О.Р.		09.06.2020						
Пров.	Глоба О.В.								
Т. контр.						Лист		Листов 1	
Нач.отд.					НТУУ "КПІ імені Ігоря Сіковського"				
Н. контр.									
Утв.									



1. Деталі перед складанням повинні бути очищеними та промитими
2. Всі кріпильні засоби повинні бути надійно закріплені.
3. Прискладанні пристосування не допускається застосування додаткових прокладок, що не передбачені робочим кресленням, а також наліпок, фарби, лаку та інших методів нарощення або штучного зниження розмірів деталей
4. В зазори нерухомих роз'ємних елементів не повинен проходити щуп товщиною 0.04 мм

				ДПБ МІ-61-1.12.05.001			
				Пристосування			
				Лист	Маса	Масштаб	
					1,1	1:1	
				Лист 1			
				НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського"			
				Формат А1			